UNIVERSITATEA "LUCIAN BLAGA" din SIBIU
FACULTATEA DE INGINERIE "HERMANN OBERTH"

POPESCU LIZETA

TEHNOLOGIA ECHIPAMENTELOR ELECTRICE

2008

CUPRINS

INTRODUCERE

România parcurge, în prezent, un proces complex de tranziție şi reformă mult mai dificil decât s-a presupus inițial, care vizează implementarea unei economii de piață eficientă, şi integrarea, într-un termen cât mai scurt, în economia europeană şi în circuitul economic mondial. În condițiile trecerii la societatea informațională, postindustrială, eficiența activității industriale şi a serviciilor pentru industrie determină locul fiecărui stat în cadrul economiei mondiale, reflectă capacitatea de valorificare a potențialului creativ şi al forței de muncă.

Pornind de la faptul că industria reprezintă factorul cheie pentru însănătoşirea, modernizarea şi relansarea economică a țării, rezultă că industria are o influență determinantă asupra evoluuței economico-sociale a României. Industria are o pondere de peste 30% în P.I.B. şi peste 96% din export. Dezvoltarea industrială, în contextul economic al țării noastre, porneşte de la premiza că toate statele dezvoltate, cu standarde ridicate de viață şi cu pondere importantă în comerțul mondial, sunt state cu o industrie puternică şi competitivă, inițiatoarele proceselor de inovare tehnologică.

Odată cu aderarea României la Uniunea Europeană modernizarea economiei impune restructurarea sistemului de producție în ansamblul, şi în special al industriei ca ramură cu ponderea şi rolul cel mai important. Creşterea productiviății muncii, pe baza modernizării tehnologiilor de fabricație şi a inovării tehnologice a condus la creşterea producției industriale, în principal, ca urmare a revigorării industriei prelucrătoare (ritm superior celui realizat pe ansamblul industriei).

Industria electrotehnică este o parte a industriei prelucrătoare şi în prezent, prin valoarea adaugată la realizarea unui produs, reprezintă, după statisticile europene, a treia industrie ca pondere, şi se numără printre sectoarele industriale cu productivitățile cele mai ridicate. În industria electrotehnică şi electronică românească, producția de echipamente şi maşini electrice a crescut de 3,7 ori în ultimii 10 ani. În prezent, ponderea industriei electrotehnice în cadrul industriei prelucratoare româneşti este de circa 6% din producție, 7% din totalul personalului şi peste 10% din export.

Agenții economici din domeniul industriei electrotehnice s-au reorientat către produse cerate pe piețele internă şi externă, ceea ce a condus la modificarea structurii acestui sector al economiei naționale. Actualmente, se produc modificări în stractura produselor realizate, în sensul deplasării de la „electrotehnica clasică" spre una care se grefează pe noile dezvoltări din electronică, fizica corpului solid şi tehnologia informației, şi spre o accelerată modernizare a tehnologiilor de fabricație prin import şi implementare de noi tehnologii.

În plan internațional, industria electrotehnică românească încearcă să se adapteze noilor politici mondiale privind globalizarea, specializarea în zone de influență ale industriei electrotehnice în care exista condiții reale de a fi competitivă, renunțând la domenii în care şansele de dezvoltare sunt reduse, şi acordând o mai mare atenție colaborărilor internaționale care să-i asigure productivitate ridicată, calitate şi piețe de desfacere.

Problemele cu care se confruntă industria electrotehnica românească astazi sunt legate de instruirea personalului, creşterea productivității, problemele de calitate, dar şi cele legate de costuri şi competitivitatea pe piețele externe. Domeniile în care se prevăd creşteri substanțiale într-un viitor apropiat sunt: materialele electrotehnice, maşinile şi echipamentele electrice, tehnica încercărilor, metrologia industrială, şi compatibilitatea electromagnetică. Dar pentru concretizarea acestor perspective de dezvoltare ale industrieie electrotehnice este nevoie nu doar de soluții tehnice, ci şi de utilizarea unei noi viziuni economice şi de o startegie moderrnă de dezvoltare a acestui sector industrial.

Capacitățile de producție de care dispune industria electrotehnică şi electronică sunt constituite din unităţi productive, având în structura lor fabrici/secții/ateliere specializate, de prelucrări generale şi de montaj specific, organizate, în general, pe grupe de produse, la fiecare agent economic. Industria electrotehnică realizează un număr de peste 200.000 tipovariante de produse, ceea ce implică folosirea unui sortiment foarte variat de materiale, precum şi a unui numar extrem de mare de procedee şi tehnologii de fabricație.

Rezultă că o caracteristică a industriei electrotehnice o constitue eterogenicitatea crescută şi faptul că beneficiază din plin de impulsurile de dezvoltare ale tehnologiilor de ultimă oră. Industria electrotehnică din România constituie prin potențialul său o opțiune de dezvoltare industrială pe termen mediu şi lung. cu un potențial endogen de dezvoltare.

Producția industriei electrotehnice se regăseşte, într-o pondere semnificativă, în urmatoarele grupe de produse şi servicii: producția de motoare, generatoare şi transformatoare electrice, producția de aparate pentru distribuția şi transportul electricității, productia de fire şi cabluri electrice şi optice, producția de acumulatori, baterii şi pile electrice, producția de lămpi electrice şi echipamente de iluminat, producția de componente electrice pentru vehicule, productia de emițătoare radio-televiziune, echipamente şi aparate telefonice, productia de aparatura şi instrumente medicale, producția de aparatura şi instrumente de măsură, verificare, reglare şi control, fabricarea de maşini şi echipamente electrocasnice, fabricarea calculatoarelor şi a altor echipamente electronice, producția de aparatura şi instrumente optice şi fotografice.

Gradul de integrare orizontală şi verticală a producției industriei electrotehnice este determinat de realitățile şi condiționările dintre industria electrotehnică şi ramurile economiei şi industriei româneşti.

Majoritatea activităților ei se situează în zona finală a lanțurilor productive, având o înglobare intensă de servicii cu caracter industrial, ceea ce îi confera un grad ridicat de integrare orizontală şi o poziție importantă în dezvoltarea infrastructurii economiei.

Referitor la integrarea industriei electrotehnice în economia națională, aceasta asigură echipamente electrice pentru: infrastructura energetică, infrastructura informațională şi de comunicații, infrastructura sanitară, infrastructura de transport feroviar, rutier şi naval, agricultură şi dezvoltarea altor sectoare (construcții de maşini, chimie, metalurgie etc.).

Nivelul cererii de produse din domeniul industriei electrotehnice pe plan mondial depăşeşte ca volum 2.000 miliarde de dolari. Cererea este concentrată în principal (peste 65%) în polii de dezvoltare: SUA, Europa şi Japonia.

Peste 80% din exportul sectorului electrotehnic autohton este localizat în țările U.E. (Germania, Franța, Italia, Olanda etc.). În ansamblu, piața internă a industriei electrotehnice şi electronice este estimată la aproxinativ 2,4 miliarde de euro, reprezentând circa 0,15% din volumul pieței mondiale, în timp ce ponderea populației este de 0,35% din cea a lumii.

Deschiderea pieței interne după anul 1990 a determinat o cerere însemnată de produse electrotehnice, care nu a putut fi acoperită din producția internă şi a condus la o majorare semnificativă a importului, în paralel cu pierderea continuă a competitivității produselor indigene pe piața internă. Exportul a avut o evoluție ascendentă, toate grupele de produse înregistrând creşteri de peste 45% în special la următoarele produse: motoare electrice, transformatoare de putere, cablaje auto şi componente pentru telecomunicații.

Odată cu aderarea României la Uniunea Europeană începând cu 1 ianuarie 2007 se impune ca o cerință „sine qua non" alinierea legislației şi standardelor României din domeniul industriei electrotehnice la cele europene.

Pe baza potențialului acestei industrii, se poate estima un ritm mediu anual de creştere pe termen mediu de aproximativ 6-7% pentru producția electrotehnică şi 10-15% pentru export. Situația pe subsectoare industriale este diferențiată, astfel se prevăd ritmuri medii de creştere de circa 8-10% în industria electronică, 2-3% în industria electrotehnică şi 3-5% la producția de aparate de uz casnic.

O pondere importantă în industria electrotehnică o vor avea activitățile legate de reabilitarea mediului în zonele industriale afectate de poluare, precum şi cele destinate realizării de instalații şi echipamente pentru producerea energiei din resurse regenerabile. Restructurarea şi modernizarea selectivă a industriei electrotehnice, în vederea creşterii competitivității acesteia şi integrarii mediul economic european, implică realizarea unor strategii sectoriale, fundamentate pe prognozele Comisiei Europene.

Pentru perioada următoare, perspectivele de dezvoltare economică ale industriei electrotehnice româneşti este condiționată de: continuarea procesului de implementare a legislației europene din domeniul electrotehnic şi monitorizarea legislației armonizate, îmbunatățirea în continuare a mediului de afaceri, diversificarea şi modernizarea serviciilor, reducerea fiscalității legată de costul forței de muncă, măsuri pentru trecerea la societatea informațională şi conectarea industriei româneşti la proiecte europene, adoptarea unui pachet coerent de politici pentru continuarea procesului de ajustare structurală la nivel de sectoare industriale.

Asigurarea competitivității industriei electrotehnice se va face în condițiile înnăspririi concurenței ca urmare a adoptarii Codului Vamal UE, a intrării Chinei şi Rusiei în Organizația Mondială a Comerțului, a globalizarii comerțului şi internaționalizării afacerilor, obligativitatea de a gestiona deşeurile industriale, de reciclare şi refolosire a deşeurilor şi materialelor precum şi prevenirea generării de deşeuri, demararea marilor proiecte de infrastructură şi a sistemelor trans-frontaliere de transport fluide energetice pe distanțe mari, precum şi trecerea efectivă a sistemului cercetării-dezvoltării din țara noastră la o structură operațională de tip european şi susținerea cercetării aplicative.

La toate aceste provocări ce stau în fața industriei electrotehnice româneşti se poate face față doar prin îmbunătățirea tehnologiilor de fabricație a produselor, proiectarea unor produse de înaltă calitate, scăderea costurilor şi un management comnpetitiv.

De mare importanță pentru rezolvarea problemelor prelucrărilor şi creşterii duratei de viață a materialelor prelucrate în cursul proceselor tehnologice şi montate în produsele electrotehnice este utilizarea celor mai noi teorii ale fizicii solidului şi a teoriei dislocațiilor.

Introducerea în acest curs a teoriei generale a proceselor tehnologice este necesară pentru a defini bazele sale ştiințifice, pentru a putea construi modelele matematice ale proceselor şi pentru a efectua analiza şi sinteza acestora, concomitent cu optimizarea parametrilor tehnici ai acestora.

Cursul de Tehnologia Echipamentelor Electrice îşi propune să prezinte bazele teoretice ale eleborării tehnologiei de fabricație a echipamentelor electrice, modul de întocmire a documentației tehnologice, principalele procese tehnologice folosite la fabricația maşinilor şi echipamentelor electrice şi factorii care influențează calitatea produselor electrotehnice.

Toate cele expuse mai sus demonstrează că rezolvarea problemelor tehnologiei produselor electrotehnice se bazează pe un foarte important volum de cunoştințe ale ştiințelor exacte şi aplicative care descriu diferitele aspecte ale fabricației acestora, fapt care permite să se socotească tehnologia produselor electrotehnice ca o ştiință complexă, de sinteză.

1. TEHNOLOGIA ELECTROTEHNICĂ

Tehnologia electrotehnică este ştiinţa care se ocupă cu studiul, elaborarea şi determinarea proceselor, metodelor şi procedeelor de prelucrare a materialelor (substanţelor) în vederea obţinerii unor produse necesare societăţii în condiţii tehnico-economice optime. Denumită şi „ştiinţa aplicării ştiinţelor“, tehnologia constituie un complex de discipline care studiază aplicarea practică a legilor fizicii, chimiei, mecanicii şi a altor ştiinţe, fiind legată direct de producţie. Tehnologia este o ştiinţă în continuă modificare şi dezvoltare, nici un proces tehnologic neputând fi considerat ca inutil.

Pentru fabricarea produselor electrotehnice este necesar un proces de producţie în decursul căruia se realizează transformarea semifabricatelor în piese şi produse finite. Acest proces de producţie include obţinerea din materii prime şi semifabricate a pieselor prin diferite moduri de prelucrare, controlul, transportul, depozitarea, asamblarea, reglajul, încărcarea şi ambalarea, adică necesită activitatea dirijată a unui colectiv de oameni pentru obţinerea unui anumit gen de produse, de calitate dată. Din acest motiv producţia produselor electrotehnice trebuie privită ca un mare sistem, în care un colectiv de oameni, reuniţi în interacţiunile tehnologice complexe ale proceselor de fabricaţie, lucrează cu instalaţiile şi utilajele de obţinere a produselor finite.

Relaţiile şi legăturile reciproce ale diferitelor elemente ale unui astfel de sistem, subordonat unui sistem de conducere, au un caracter complex şi se bazează pe prelucrarea unui schimb larg de informaţii.

Conducerea şi găsirea soluţiilor optime ale proceselor tehnologice se pot face în condiţii deosebit de bune dacă se aplică metodele matematice ale analizei sistemelor complexe, care fac apel la capitole ca: teoria probabilităţilor, teoria jocurilor şi soluţiilor statistice, programare liniară, teoria deservirii în masă şi modelarea matematică.

Rezolvarea problemelor prelucrărilor mecanice, termice, chimice şi de alte genuri (aplicate în tehnologiile moderne) necesită cunoaşterea temeinică a tuturor realizărilor în domeniile: fizicii, electrotehnicii, electronicii, chimiei şi folosirea acestora pentru obţinerea unor anumite proprietăţi determinate ale pieselor prelucrate.

Procesele tehnologice pot fi: de fabricaţie, în urma cărora rezultă produse noi, sau de reparaţie, prin care se realizează recondiţionarea (repararea) produselor.

Ingineria industrială se ocupă cu proiectarea, perfecţionarea şi aplicarea în practică a sistemelor integrate alcătuite din oameni, materiale şi echipamente. Ea se bazează pe cunoştinţe şi experienţă de specialitate în ştiinţele matematice, fizice, sociale, precum şi pe principiile şi metodele inginereşti de analiză şi proiectare pentru prognozarea, specificarea şi evaluarea rezultatelor obţinute în astfel de sisteme.

Ingineria tehnologică, parte componentă a ingineriei industriale, se ocupă cu proiectarea, urmărirea şi perfecţionarea proceselor tehnologice necesare pentru a realiza un produs finit.

Procesul de fabricație reprezintă totalitatea acțiunilor şi procedeelor folosite pentru transformarea materiei prime şi a semifabricatelor în produse finite. Procesul de fabricație este un proces tehnico-economic complex, care cuprinde atât procese de bază, cum ar fi: obținerea semifabricatelor, prelucrarea lor mecanică, acoperirile de protecție, asamblarea pieselor prelucrate, controlul tehnic al dimensiunilor şi calității etc. cât şi procese auxiliare, cum sunt: construcția şi întreținerea sculelor, dispozitivelor, verificatoarelor (SDV), repararea şi întreținerea utilajelor, transportul uzinal, etc..

Structura procesului de fabricație mai include activități de pregătire a proceselor de bază şi auxiliare, activități de conducere, livrarea produselor, etc.

Procesul tehnologic este acea parte a procesului de fabricație prin care se realizează operațiile de modificare a formei, dimensiunilor, proprietăților materialului sau semifabricatului, în vederea obținerii piesei în concordanță cu condițiile tehnice impuse.

În general, procesul tehnologic cuprinde:

A. Procese tehnologice de prelucrare, care pot fi:

1. Procese tehnologice de elaborare, efectuate pentru a extrage metale sau aliaje industriale, fie brute, cu impurități (elaborare primară), fie cu un conținut redus de impurități (elaborare secundară).

2. Procese tehnologice de confecționare, efectuate pentru obținerea de materiale semifabricate sau piese, prin modificarea formei, dimensiunilor, pozițiilor reciproce şi calității suprafețelor.

3. Procese tehnologice de tratament, efectuate pentru modificarea proprietăților fizico-chimice ale unui material, fie în întreg volumul acestuia (tratament de volum), fie doar la suprafață (tratament de suprafață).

4. Procese tehnologice de suprafațare, efectuate pentru realizarea la un obiect semifabricat sau piesă, într-un strat relativ redus ca şi grosime, a unor modificări în material, sau pentru acoperirea piesei sau semifabricatului cu un strat de material cu proprietăți diferite.

B. Procese tehnologice de asamblare. Asamblările pot fi rigide sau nerigide.

Construcția tehnologică, este construcția care corespunde tuturor condițiilor de exploatare, fiind totodată cea mai economică dintre construcțiile tehnologice.

Caracteristicile unei construcții tehnologice sunt:

– produsul să fie simplu;

– piesele, sau părți ale acestora să nu fie executate cu precizie nejustificat de mare;

– forma şi calitatea materialului se aleg având în vedere necesitatea obținerii unor costuri minime, prin gradul înalt de utilizare a materialelor;

– utilizarea celor mai productive procese tehnologice, corespunzător unui anumit volum al producției;

– asigurarea unor prelucrări şi verificări uşoare în timpul confecționării produsului;

– asigurarea locurilor de muncă cu SDV-uri corespunzătoare şi stabilirea unui flux judicios de circulație a pieselor;

– unificarea, normalizarea şi standardizarea pieselor componente.

Produsele, sunt bunuri materiale obținut în urma unor procese de fabricație, prin transformarea fizico-chimică a substanțelor pe drumul ce porneşte de la resursele naturale până la produsul finit.

Materialele utilizate în procesele de fabricație, se clasifică în:

– materiale de fabricație, constituite din materiile prime supuse transformărilor fizico-chimice şi care se regăsesc în produsul finit;

– materiile auxiliare, care ajută la fabricarea produselor, dar nu constituie substanța produsului finit.

După locul pe care îl ocupă în procesul de fabricație, materialele pot fi:

– materiale brute, obținute prin procese de extracție, preparare, tratament sau elaborări;

– materiale semifabricate, obținute prin procese de confecționare;

– piese obținute prin procese de confecționare, ambalare si suprafațare, care sunt corpuri solide, de dimensiuni adecvate ambalării şi funcționării (piesele pot fi elementare sau combinate);

– ansambluri, constituite din totalitatea pieselor montate ce alcătuiesc un sistem tehnic destinat să fie utilizat (funcțional).

Metoda tehnologică, constituie un mod sistematic şi unitar de executare a operațiilor unui proces tehnologic, comun dintr-un punct de vedere esențial, pentru mai multe clase de procese tehnologice.

Utilajul tehnologic, este constituit din mijloacele prin intermediul cărora se realizează transformările fizico-chimice ale substanței supuse prelucrării. Utilajul tehnologic trebuie să asigure un minim de efort fizic şi psihic din partea operatorilor.

Tipul şi destinația utilajului tehnologic defineşte gradul de mecanizare a procesului tehnologic.

Astfel, utilajele tehnologice pot fi:

– neautomate, la care operatorii efectuează manual operațiile de conducere, şi manual sau mecanizat operațiile de fabricare sau de deservire;

– semiautomate, la care operatorii efectuează manual operațiile de pornire şi oprire, alimentarea şi evacuarea corpurilor supuse prelucrării, supraveghează funcționarea utilajelor;

– automate, la care operatorii realizează pornirea, oprirea şi supravegherea utilajelor.

Operația tehnologică, este o parte componentă a procesului tehnologic, fiind o activitate ordonată şi limitată în timp, efectuată fără întrerupere de către un operator sau grup de operatori (echipă de lucru) la un singur loc de muncă, asupra unui sau mai multor obiecte supuse prelucrării.

Faza este o subdiviziune a operației tehnologice, care se execută complet şi dintr-o singură aşezare pe maşina-unealtă, cu o sculă sau un set de scule. La rândul ei, faza se subdivide în treceri, mânuiri, mişcări, etc.

Volumul de muncă (manopera), se măsoară prin timpul necesar executării unu proces tehnologic. Unitatea de măsură este om $\times$ ore. Se distinge volumul de muncă efectiv şi cel calculat.

Volumul maşină, se măsoară prin timpul în decursul căruia utilajul sau utilajele sunt ocupate sau trebuie să fie ocupate cu executarea procesului tehnologic. Se măsoară în maşină $\times$ ore. Volumul maşină serveşte pentru calcularea necesarului de utilaje corespunzător unui proces tehnologic.

Ciclul este constituit din intervalul de timp măsurat de la începutul până la sfârşitul prelucrării, la o operație sau la toate operațiile (la producția de serie).

Planul de producție, este cantitatea de piese sau produse ce se confecționează pe o durată determinată (pe schimb, pe zi, pe lună etc.).

Indicatorii tehnico-economici ai procesului de fabricație

În vederea caracterizării economice a proceselor tehnologice, în scopul menținerii sau îmbunătățirii calității producției, este necesară cunoaşterea unor indicatori tehnico-economici, după cum urmează:

Capacitatea de producție, care se exprimă prin cantitatea de materiale intrate în fabricație, în unitatea de timp, sau prin cantitatea de produse obținute în unitatea de timp, la o instalație sau linie tehnologică.

Producția specifică, este capacitatea de producție a unei instalații sau a unei linii tehnologice, raportată la o unitate fundamentală oarecare (masă, volum, număr piese), care caracterizează instalația sau linia tehnologică respectivă.

Consumul specific, este reprezentat de cantitatea de materii prime necesară pentru obținerea unei anumite cantități de produs.

Productivitatea liniei tehnologice se exprimă prin numărul de piese obținute la capătul liniei în unitatea de timp (de exemplu oră) şi se calculează cu relația:

$$Q = P_{fp}/F_{td} \quad \text{(buc/oră)} \qquad (1.1.)$$

Ritmul de lucru al linie tehnologice se determină ca fiind raportul dintre fondul real de timp disponibil F_{td} şi planul de producție P_{fp} (planul de fabricație piese) – care trebuie executate pe linia tehnologică respectivă, în intervalul de timp egal cu fondul de timp disponibil:

$$R = F_{td} / P_{fp} \quad \text{(min/buc)} \qquad (1.2.)$$

Rezultă că productivitatea liniei tehnologice este egală cu inversul ritmului de lucru al acesteia.

Randamentul, este raportul dintre cantitatea de produs obținut şi cantitatea de materie primă folosită, exprimat în procente.

1.2. Tipurile de procese de producție

În funcție de volumul de producție, se deosebesc trei tipuri de producție: individuală, de serie şi de masă. Pentru caracterizarea acestor tipuri se iau în considerare următorii factori: cantitatea produselor fabricate, nomenclatura fabricatelor, ciclul de fabricație, caracterul utilajelor, sculelor şi dispozitivelor, modul de amplasare al utilajelor, productivitatea fabricației, calificarea muncitorilor, nivelul de pregătire al procesului tehnologic, economicitatea fabricației.

Producția individuală constă în confecționarea de piese într-un număr foarte redus de exemplare, adeseori chiar unicate, cu o nomenclatură foarte largă şi variată. Nu se poate preciza ciclul de fabricație, deoarece chiar atunci când se repetă fabricația, timpul de repetare este foarte mare. Producția este eterogenă, produsele în general nu sunt standardizate, din care motiv utilajele şi dispozitivele au un ridicat caracter de universalitate. Amplasarea utilajului se face pe grupe de tipuri de maşini, încărcarea lor fiind redusă. Consumurile materiale sunt ridicate, productivitatea muncii este redusă, iar muncitorii sunt cu calificare superioară, pentru a putea executa o gamă variată de lucrări care nu se repetă periodic. De obicei documentația tehnologică nu se elaborează amănunțit, ci se întocmeşte după procesele tehnologice ale unor lucrări similare. Asamblările de regulă se fac manual. Costul fabricației este ridicat, efortul de organizare şi conducere a procesului de fabricație este mare.

Producția în serie este aceea la care piesele se execută pe loturi, care se repetă cu regularitate după un anumit interval de timp. Nomenclatura fabricatelor este redusă şi este formată din piese mai mult sau mai puțin asemănătoare. Caracterul utilajelor oscilează între universal şi specializat, depinzând de nomenclatura produselor şi de mărimea loturilor. Amplasarea utilajelor se face pe tipuri de maşini-unelte, pe grupe de piese, sau după metoda combinată. Productivitatea este mai mare decât la producția individuală. Calificarea muncitorilor este mai redusă, tinzând către o anumită specializare. Procesul tehnologic se întocmeşte şi se execută pe loturi de piese. Economicitatea fabricației este mai mare în comparație cu producția individuală. Acest tip de producție poate fi de serie mică (sub 1000 buc.), mijlocie (cca. 1000 buc.), sau mare (mii de buc.).

Producția de masă se referă la zeci de mii ÷ milioane bucăți, şi se caracterizează prin aceea că la fiecare loc de muncă se execută întotdeauna aceleaşi operați sau faze. Nomenclatura fabricației se reduce uneori la un singur produs. Ciclul de fabricație este riguros stabilit şi respectat.

Producția de masă se caracterizează prin continuitate, dată de ritmul producției, care reprezintă intervalul de timp necesar pentru realizarea unui produs şi se determină cu relația:

$$R = \frac{F_a}{N} \cdot \eta \quad [\text{min}] \qquad (1.3)$$

în care: R – ritmul de producție, în minute;

F_a – fondul anual de timp al utilajului, în minute;

N – programul anual de fabricație, în bucăți;

η – coeficientul de încărcare al utilajului (0,94...0,95).

La fiecare operație sau fază timpul de prelucrare trebuie să fie acelaşi, sau un multiplu al ritmului de producție. Diferențierea şi specializarea la maximum a operațiilor admit întrebuințarea unor muncitori cu calificare redusă. Utilajul este specializat.

Cheltuielile de investiții, impuse de organizarea producției, nu influențează decât foarte puțin costul fabricației, deoarece se împarte la un număr foarte mare de piese executate.

Procesele tehnologice se elaborează detaliat, pe operații, faze, mişcări şi mânuiri. După metoda de organizare a producției se deosebesc: producția fără flux şi producția în flux.

Producție fără flux – este metoda de producție la care piesele se fabrică pe loturi pentru fiecare operație tehnologică, iar utilajul este de regulă amplasat pe grupe de maşini de acelaşi fel.

Producția în flux se caracterizează prin faptul că operațiile tehnologice sunt amplasate pe anumite locuri de muncă în ordinea normală de realizare a lor, iar piesele care sunt lucrate la o operație sunt trecute imediat la operația următoare, cu ajutorul unor instalații speciale de transport.

Producția de masă se caracterizează prin folosirea pe scară largă a SDV-urilor speciale.

Din punct de vedere al formei organizatorice liniile tehnologice pot fi clasificate după cum urmează:

- Linia tehnologică automată complexă este aceea pe care se execută tota-litatea operațiilor de prelucrare a unor piese date începând cu intrarea materialului în întreprindere şi terminând cu ieşirea pieselor finite din linie.

Liniile tehnologice automate complexe stau la baza construirii fabricilor automatizate.

- Linia tehnologică automată este aceea pe care se efectuează prelucrarea parțială sau completă a unei piese (sau uneori a mai multor piese ce se aseamănă dimensional şi ca formă geometrică), cu ciclu automat, în ordinea succesiunii operațiilor.

Ciclul de lucru al liniei tehnologice automate este în strânsă concordanță cu ritmul de producție al produsului respectiv. O astfel de linie tehnologică automată poate fi organizată nu numai în atelierele mecanice de prelucrare ci şi în atelierele de asamblare, de vopsire, de tratamente termice, etc.

Aceste linii formează baza construirii atelierelor (secțiilor) automatizate. Pe liniile tehnologice automate se poate prelucra o singură piesă sau se pot prelucra mai multe piese asemănătoare (mai ales pe liniile tehnologice automate din atelierele de vopsitorie, tratamente termice, etc.).

Pe astfel de linii tehnologice automate toate operațiile de prelucrare, control precum şi transportul, fixarea şi desprinderea pieselor în dispozitive, se face automat. Întreaga linie este deservită de numai câțiva muncitori care în general urmăresc şi asigură buna funcționare a liniei.

- Linia tehnologică unitară cu flux continuu este aceea pe care se organizează prelucrarea unui singur tip de piese în mod continuu, în ordinea succesiunii operațiilor procesului tehnologic.

Ritmul liniei este în concordanță cu ritmul producției produsului respectiv. Transportul piesei pe linia tehnologică de la un loc de muncă la altul nu se face automat; de asemenea, nu se efectuează automat nici fixarea piesei pentru prelucrare, cum se întâmplă pe liniile tehnologice automate. Transportul piesei în lungul liniei tehnologice poate fi mecanizat cu ajutorul diferitelor transportoare cu bandă, cu lanț suspendat sau căi cu role. Astfel de linii tehnologice există într-un număr mai mare sau mai mic aproape în toate uzinele electrotehnice din țara noastră.

Liniile tehnologice cu flux continuu formează baza de organizare a producției în flux tehnologic în producția de masă şi de serie mare, în concordanță cu ritmul producției întregii întreprinderi.

- Linia tehnologică multiplă cu flux continuu este aceea pe care se organi-zează prelucrarea simultană a unui grup de câteva tipuri de piese diferite, însă asemă-nătoare din punct de vedere constructiv şi tehnologic. Transportul, fixarea şi desprinderea piesei nu sunt automatizate. La maşinile unelte din linie există o schemă de reglaj, care permite prelucrarea tuturor pieselor fixate pe maşinile unelte respective, fără a fi nevoie de o reglare a acestora pentru fiecare piesă în parte. De exemplu, la maşina de găurit prevăzută cu un cap multiax pot fi burghiate simultan un număr oarecare de piese fixate în acelaşi dispozitiv sau în dispozitive diferite.

- Linia tehnologică cu flux variabil este aceea pe care se organizează prelucrarea în loturi de piese, pe utilaje dispuse în ordinea succesiunii operațiilor procesului tehnologic, în concordanță cu ritmul producției de piese.

În cazul când piesele din lotul care urmează a fi lansat pe linia tehnologică sunt diferite față de cele din lotul precedent, linia tehnologică trebuie să aibă posibilitatea de reglare rapidă pentru prelucrarea lotului respectiv de piese.

Linia tehnologică trebuie să aibă un domeniu larg de utilizare. Utilajele din linia tehnologică sunt echipate cu dispozitive cu un grad mare de universalitate. Liniile tehnologice cu flux variabil formează baza de organizare a producției pe linii tehnologice în producția de serie, care este foarte des întâlnită în fabricația produselor electrotehnice.

1.3. Etapele proceselor tehnologice

Etapele de asimilare a unui nou proces tehnologic sau a unui produs nou sunt:

Invenția, etapă ce reprezintă apariția unui nou proces tehnologic ca rezultat al unor observații şi cercetări sistematice.

Documentarea, etapa ce constă în punerea la curent asupra problemei ce ne interesează prin studiu bibliografic.

Cercetarea economică prealabilă, prin care se apreciază viabilitatea invenției şi rezultatele ce pot fi obținute, se schițează planul cercetării experimentale şi se evaluează costul cercetării. Această etapă este strâns legată de documentare.

Cercetarea de laborator, prin care se verifică experimental ipotezele teoretice.

Instalația pilot, este etapa la care se trece dacă ce cercetarea de laborator a dat rezultate promițătoare. În această etapă se realizează cantități mici de produs, în vederea analizei calitative şi pentru a furniza datele necesare proiectării industriale.

Cercetarea în instalația pilot, are rolul de a da proiectanților date complete şi precise asupra noii tehnologii sau asupra noului produs.

Cercetarea în instalații semiindustriale, constituie o etapă de încercări mai ample, programând îndeosebi cercetări ce nu au putut fi executate pe instalația pilot.

Proiectarea instalației industriale, faza în cursul căreia se elaborează studiul tehnico-economic şi proiectul de execuție.

Etapa de producție, în care se trece la organizarea unei producții ritmice şi planificate, la perfecționarea continuă a acestui nou proces sau produs, în vederea micşorării prețului de cost şi a îmbunătățirii calității producției.

La asimilarea în fabricație a unui produs nou sunt parcurse următoarele etape:

– Definitivarea temei de proiectare, prin acordul dintre beneficiar şi producător, în ceea ce priveşte valoare parametrilor tehnico-economici ai produsului (eventual întocmirea standardului tehnic de ramură sau a caietului de sarcini).

– Realizarea modelului experimental (activități aferente compartimentului de cercetare).

– Elaborarea proiectului de prototip, execuția şi omologarea prototipului, avizarea standardului tehnic de ramură sau a caietului de sarcini (activități aferente compartimentului de proiectare).

Elaborarea proiectului de prototip va avea la bază o conlucrare strânsă a inginerului proiectant cu inginerul tehnolog, aşa încât să se asigure funcționalitatea produsului în condițiile respectării criteriilor de economicitate şi dotării uzinale existente. Proiectarea unui reper se va axa pe linia tipizării reperelor, cu respectarea conceptului de tehnologicitate, în sensul îndeplinirii următoarelor cerințe:

– dimensiunile suprafețelor vor fi compatibile cu practicile uzinale existente;

– la piesele turnate, forjate sau matrițate vor fi lăsate suficiente adaosuri pentru a permite corecții în cazul eventualelor abateri la asamblare sau distorsiuni suferite în urma tratamentului termic;

– pentru o asamblare corectă vor fi prevăzute suficiente degajări şi căi de acces;

– elaborarea documentației tehnologice corespunzătoare procesului tehnologic (activitatea aferentă compartimentului de proiectare tehnologică).

– Stabilirea procesului tehnologic va avea în vedere: proiectarea operațiilor tehnologice într-o succesiune coordonată, care să permită o prelucrare rațională în ceea ce priveşte economisirea materialului, respectiv folosirea deşeurilor; stabilirea utilajelor şi a regimurilor de lucru optime din punct de vedere economic şi tehnic; utilizarea SDV-urilor universale şi specializate adecvate scopului; lungimea fluxului tehnologic să fie cât mai redusă şi fără intersecții şi strangulări în fabricație; prescrierea celor mai eficiente puncte şi metode de control pentru evitarea rebuturilor; raționalizarea normelor de manoperă, etc.

– Asigurarea pregătirii fabricației: necesar de materiale, utilaje, SDV-uri, forță de muncă, preț de cost.

– Lansarea în fabricație, execuția şi omologarea seriei zero.

Omologarea seriei zero, a primului ciclu de fabricație sau a ciclului pilot va avea în vedere aplicarea noii tehnologii, omologarea SDV-urilor şi a utilajelor nestandardizate.

Vor apărea ca inerente unele modificări ale proiectului de execuție sau a elementelor de tehnologie.

În toate etapele de asimilare a unui proces tehnologic sau produs, măsurile de tehnica securității muncii trebuie să constituie o preocupare deosebită.

După ce s-a întocmit proiectul unui produs este necesar să se precizeze care este cel mai bun procedeu de a-l executa la capacitatea dorită şi în condițiile cerute.

Este tot atât de grav ca produsul să nu poată fi realizat la un preț competitiv pe piață, pe cât este de grav ca din cauza unei deficiențe a proiectului produsul să nu poată funcționa corespunzător. În consecință, analiza procesului tehnologic constituie un aspect important al asigurării succesului oricărei activități economice sau productive.

Într-o societate dinamică, caracteristicile produselor existente sunt în continuă schimbare, lansându-se totodată în permanență produse noi.

Deoarece ca urmare a progresului tehnic se constată creşterea în proporție geometrică a numărului aspectelor tehnologice, se impune analiza acestora, care se poate defini ca fiind o metodă sistematică de a determina procesul sau procesele optime pentru a executa un produs sau a presta un serviciu, luând în considerare parametrii referitori la calitate, cantitate, preț de cost şi timp de fabricație.

Procesele realizabile în întreprindere. În orice întreprindere sunt de obicei posibile mai multe căi de realizare a unui produs. De exemplu, pentru a produce 100 copii ale unei piese se poate confecționa de cinci ori câte un original, după care să se facă 20 copii ale fiecăruia, sau se execută un „model“ după care se realizează 100 de copii. O altă variantă constă spre exemplu în execuția după model pe maşini speciale. Presupunând că ar exista posibilitatea de a recurge la oricare din aceste procese, cuiva îi revine răspunderea de a preciza care dintre metode va fi folosită.

Dintre toate procesele, unul va fi mai convenabil în raport cu celelalte, având în vedere parametrii economici.

La fel, de exemplu, există mai multe posibilități de a face o gaură într-o placă: prin găurire, prin găurire şi alezare, prin ştanțare, prin eroziune electrică, chimică sau cu ultrasunete etc. În ansamblul condițiilor date, un procedeu este mai bun decât celelalte.

Tehnologul are răspunderea de a determina care este cel mai bun proces tehnologic aplicabil. Pentru aceasta este necesar ca el să fie informat asupra tuturor proceselor ce se practică în propria întreprindere, precum şi în alte întreprinderi.

Procese realizabile în exterior. Rareori se întâlnesc într-o singură unitate toate procesele tehnologice competitive. De obicei se recurge la executanți din exterior, producătorul trebuind să cunoască potențialul de care dispun aceştia.

Deseori din exterior se oferă piesa sau subansamblurile la un preț de cost mai coborât decât prețul de cost la care s-ar realiza în întreprinderea interesată. Ar fi deci eficient ca acestea să fie cumpărate de la furnizor şi nu produse în întreprindere.

Analizele tehnologice trebuie să se sprijine pe metode contabile corecte, care elimină procedeele neeconomice, prin care cheltuielile de producție sunt deformat prezentate. Cantitățile limitate din produse specializate, cum sunt lagărele, şuruburile, sau rondelele pot fi de regulă achiziționate de la furnizori la un preț mai scăzut decât cel la care s-ar produce în propria fabrică. De asemenea, poate fi mai convenabil ca unele prelucrări speciale, ca de exemplu forjarea sau tratamentul termic să fie executate în exterior.

1.4. Alegerea procesului optim de fabricație

Nu există un proces optim unic pentru orice fel de aplicație a unui proiect funcțional dat. Alegerea unui proces tehnologic depinde de numeroşi factori, care se modifică de la zi la zi, ca urmare a schimbării costului forței de muncă, sau al materialelor, a modificării cantităților propuse sau a apariției altor tipuri de utilaje. Între procesele tehnologice este o competiție intensă.

Când un analist alege procesul specific unei fabrici el trebuie să aibă în vedere desfăşurarea lui pe termen lung, altfel competiția va arăta că decizia lui nu a fost corectă. Turnarea oțelului față de forjare, laminarea față de alezare, strunjirea față de rectificare, turnarea de precizie față de prelucrarea mecanică, sudura față de turnare, toate ilustrează aceste competiții. Pentru a fundamenta elaborarea unei decizii între două sau mai multe procese tehnologice, este necesar să se recurgă la o metodă sistematică. Aprecierea sumară nu este suficientă, indiferent de cunoştințele şi experiența celui care o face. De exemplu, paletele unei turbine de gaz pot fi executate prin procese de forjare, de turnare în ceară, prelucrare mecanică, formare din folii stratificate, sinterizate, etc., fiecare din acestea prezentând avantaje şi dezavantaje particulare.

Este greu pentru un analist, indiferent de maturitatea gândirii lui, să aibă suficientă experiență în ceea ce priveşte toate aceste procese, pentru a preciza care este cea mai eficientă tehnologie.

Analiza procesului pe baza unor variante. Se aplică atunci când numărul variantelor de realizare a unei operații este relativ mic (2-3). În aceste situații un formular de analiză poate cuprinde: enunțarea problemei, cu menționarea proceselor tehnologice, cu avantajele şi dezavantajele lor. Analistul trebuie să găsească elemente cantitative pentru fiecare factor pozitiv sau negativ, astfel încât însumarea acestora să ofere o bază ştiinhțifică pentru decizia luată.

Metoda aceasta nu poate arăta categoric dacă ceea ce se are în vedere este pozitiv sau negativ, ci numai de ce este pozitiv sau de ce este negativ. Metoda este utilă pentru alegerea materialelor, proceselor şi utilajelor. Înregistrarea cauzelor alegerii serveşte la urmărirea performanțelor şi a prețului de cost.

Utilizarea matricelor pentru tabelarea informației. Pe măsura creşterii numărului proceselor tehnologice posibile, problema alegerii celui optim poate lua proporții. Astfel, includerea în analiză a încă unui nou procedeu nu conduce la creşterea numărului de variante doar cu încă una.

În diagrama din figura 1.1. se prezintă un exemplu de variantă de realizare a unui produs în două forme posibile, A şi B printr-unul din cinci procese tehnologice şi dintr-un material din trei posibile.

Numărul variantelor de realizare a produsului este $n = 3 \times 5 \times 2 = 30$ variante.

Dacă se are în vedere un al patrulea material: Mg, prelucrat prin aceleaşi procese, numărul variantelor creşte la $n = 4 \times 5 \times 2 = 40$ variante.

Pentru a tabela într-o formă prelucrabilă informația necesară, aferentă fiecărui proces de bază posibil, se recomandă elaborarea unei matrice, care cuprinde toți factorii care depind de proiect sau de situație, fie că sunt controlabili sau nu.

Să presupunem că dispunem de „n“ procese aplicabile (strategii) şi „m“ parametrii diferiți ai proiectului (dimensiuni, forme geometrice, clase de toleranțe, materiale, preț de cost etc.), care caracterizează câte o anumită soluție constructivă şi tehnologică.

Notând fiecare strategie cu simbolul S (S_1, S_2, ..., S_n) şi cu N (N_1, N_2, ..., N_n) stările naturii proiectului (parametrii proiectului) se poate alcătui următoarea matrice:

Parametrii	P_1	P_2	...	P_j	...	P_m
Tehnologia	N_1	N_2	...	n_j	...	N_m
S_1	Q_{11}	Q_{12}	...	Q_{1j}	...	Q_{1m}
S_2	Q_{12}	Q_{22}	...	Q_{2j}	...	Q_{2m}
...				...		...
S_i	Q_{i1}	Q_{i2}		Q_{ij}		Q_{im}
...				...		...
S_n	Q_{n1}	Q_{n2}		Q_{nj}		Q_{nm}

Este convenabil să se înscrie şi valorile probabile P ale stării naturii proiectului N.

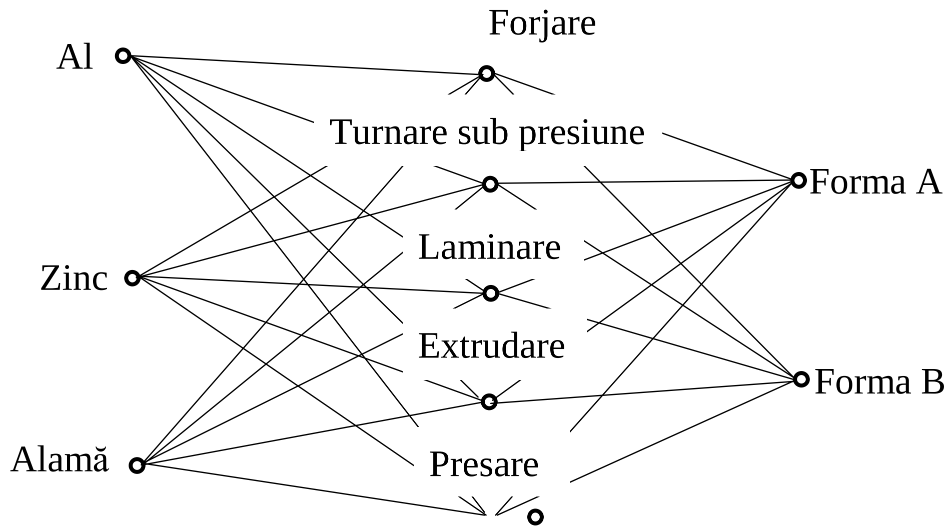


Figura 1.1 Variante de realizare a unui produs

De exemplu, ar fi posibil să estimăm că probabilitatea ca o piesă să fie produsă cu toleranța de 0,0005 este de 0,05, iar probabilitatea de a fi produsă într-un câmp de toleranțe de la 0, 0005 la 0,0007 este de 0,15. La intersecțiile fiecărui rând (strategia) cu o coloană (starea naturii produsului) se poate stabili o măsură rezultantă (Q_{ij}), prin compararea cărora se poate reține strategia şi starea optimă.

Evident, matricea se poate simplifica, dacă nu luăm în considerare toate stările naturii proiectului, ci doar cele mai semnificative.

1.5. Normarea muncii

Normarea tehnică este o operație care permite stabilirea economicității unui proces tehnologic destinat realizării unui produs. Se referă în esență la timpul consumat pentru realizarea unui produs. În diagrama din figura 1.2. se prezintă structura timpului de muncă consumat pentru realizarea unui produs.

Criteriile de normare tehnică a muncii le constituie norma tehnică de timp, respectiv norma tehnică de prelucrare.

Norma tehnică de timp este timpul necesar pentru executarea unei operații tehnologice în condiții tehnico-organizatorice dintre cele mai favorabile. Norma tehnică de timp se stabileşte în funcție de posibilitățile de exploatare ale utilajelor şi altor mijloace de producție, în condițiile aplicării metodelor de lucru corespunzătoare tehnicii moderne, ținând seama şi de experiența în lucru a muncitorilor.

Norma tehnică de timp nu este constantă, schimbându-se funcție de automatizarea şi nivelul tehnic al operatorilor, funcție de îmbunătățirea condițiilor tehnico-organizatorice ale locului de muncă.

Norma tehnică de timp se stabileşte prin trei procedee:

a) Pe bază de calcul analitic: este o metodă ştiinţifică, răspândită. Norma tehnică de timp se stabileşte printr-un calcul precis, însumându-se timpii necesari pentru executarea de către muncitor şi utilaj a fiecărui element al operaţiei, în condiţiile folosirii la maximum a posibilităţii de exploatare a maşinilor şi sculelor. Se realizează prin:

1. Fotografierea zilei de lucru, care se poate realiza pe un schimb, pe o parte din schimb, asupra unui muncitor sau a unui grup de muncitori, pentru un utilaj sau mai multe utilaje.

Se urmăresc: încărcarea utilajului, felul în care este consumat timpul de lucru de către muncitor, deficienţele de ordin tehnic şi organizatoric care apar.

Se constată şi se consemnează: timpul real de lucru, pierderile de timp, timpul de oprire al utilajului, timpul de pregătire-încheiere, timpii de deservire.

Se scot în evidenţă timpii suprapuşi cu timpul de bază. În final se face o analiză globală comparativă a tuturor timpurilor urmăriţi, stabilindu-se procentele pentru fiecare element component al normei tehnice de timp.

2. Cronometrarea, care este o metodă de studiere mai aprofundată a elementelor componente ale timpului necesar pentru executarea unei operaţii sau numai a unei părţi a operaţiei.

Pentru stabilirea normelor de timpi prin cronometrare se parcurg următoarele etape:

– analiza operaţiei, din punct de vedere al structurilor, pe faze, treceri ale regimurilor de aşchiere;
– descompunerea fazelor în mişcări şi mânuiri;
– cronometrarea tuturor timpilor;
– studierea corectitudinii mişcărilor executate de către muncitor;
– stabilirea normei tehnice de timp pentru operaţia cronometrată.

Cronometrarea trebuie realizată asupra unui muncitor cu pregătire profesională medie şi în condiţii tehnico-organizatorice şi de mediu optime, referitoare la: încălzire, iluminat, ordine, curăţenie, aprovizionare cu semifabricate etc.

Analiza şi raţionalizarea mişcărilor se face ţinându-se cont de regula „economiei de mişcări“, precum şi regula „compunerii şi descompunerii“ mişcărilor.

Rezultă că în orice domeniu în care predomină munca manuală, prin raţionalizarea mişcărilor se pot obţine creşteri importante ale productivităţii muncii, de peste 10%, creşteri obţinute fără cheltuieli, sau cu cheltuieli mici de producţie, prin eliminarea mişcărilor inutile, amplasarea mai judicioasă la locul de muncă a pieselor, sculelor şi dispozitivelor, repartizarea mai judicioasă a mişcărilor pe cele două mâini, etc..

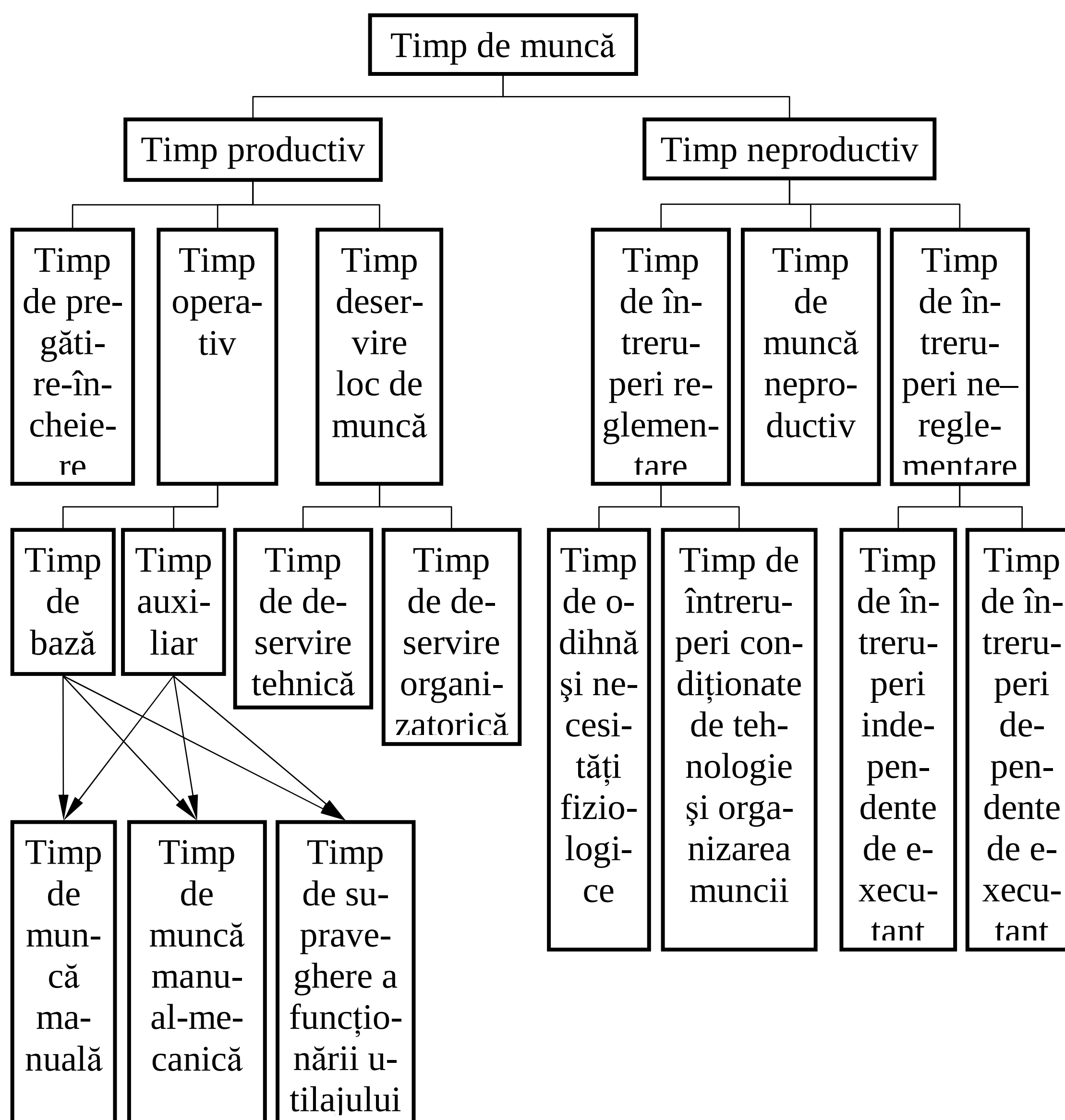


Figura 1.2. Structura timpului de muncă

b) Pe bază de calcul statistic: conform acestei metode nu se calculează timpii necesari executării elementelor operației, ci se stabileşte timpul mediu consumat la executarea unor operații similare şi considerarea acestora drept norme de timp.

c) Pe bază comparativă: constă în considerarea timpilor necesari prelucrării unei alte piese care interesează, timpi care au fost stabiliți pe bază de calcul analitic. Norma tehnică de timp se stabileşte prin interpolare. Norma de timp trebuie să fie reală, să se poată aplica practic în condițiile de muncă impuse, să asigure productivitatea ridicată şi o calitate corespunzătoare a produselor.

Conform diagramei din figura 1.2., în norma tehnică de timp intră o sumă de timpi, astfel:

$$T_n = T_b + T_a + T_{dt} + T_{do} + T_{on} + \frac{T_{pî}}{n}\ [min] \quad (1.4)$$

în care: T_n – este timpul normat pe operație; T_b – timpul de bază (în maşină); T_{dt} – timpul de deservire tehnică; T_{do} – timpul de deservire organizatorică; T_{on} – timpul de odihnă şi necesități fireşti; $T_{pî}$ – timpul de pregătire-încheiere, în min/lot; n – lotul de piese care se prelucrează la aceeaşi maşină în mod continuu.

Suma dintre timpul de bază şi timpul auxiliar se mai numeşte şi timp efectiv, sau operativ:

$$T_o = T_b + T_a\ [min] \quad (1.5)$$

Suma dintre timpul efectiv, timpii de deservire şi timpul de odihnă şi necesități fireşti formează timpul unitar:

$$T_u = T_o + T_{dt} + T_{do} + T_{on}\ [min] \quad (1.6)$$

De aceea, relația normei tehnice de timp se mai poate scrie:

$$T_n = T_u + \frac{T_{pî}}{n}\ [min] \quad (1.7)$$

Timpul de bază T_b este timpul în care are loc modificarea stării semifabricatului, adică modificarea formei, dimensiunilor, proprietăților fizico-mecanice, etc.

Relația generală de calcul a timpului de bază pentru o prelucrare mecanică, spre exemplu, este:

$$T_b = \frac{l_c}{v_a} \cdot i\ [min] \quad (1.8)$$

în care:

l_c – este lungimea de calcul, în mm;

v_a – viteza de avans, în mm/min;

i – numărul de treceri.

Timpul auxiliar T_a este timpul afectat pentru: prinderea şi desprinderea semifabricatului; pornirea şi oprirea maşinii-unelte; apropierea şi îndepărtarea sculei; pornirea şi oprirea sistemului de răcire-ungere; măsurarea sau controlul periodic al dimensiunilor.

Timpul de deservire tehnică T_{dt} este timpul necesar pentru schimbarea sculelor (fie a celor uzate, fie din necesități tehnologice); reglarea sculelor la cotă; reglarea de compensare; ascuțirea sculelor uzate (atunci când aceasta se realizează de muncitorul care prelucrează piesa respectivă, mai ales în cazul producției de serie mică şi unicate).

Timpul de deservire tehnică se dă în normative, prin procente K_1 % din timpul de bază:

$$T_{dt} = \frac{K_1}{100} \cdot T_b\ [min] \quad (1.9)$$

Timpul de deservire organizatorică T_{do} este timpul afectat pentru: curățirea şi ungerea utilajelor; aşezarea şi curățirea sculelor la începutul şi sfârşitul zilei de lucru; îndepărtarea aşchiilor.

Timpul de deservire organizatorică se ia în procente K_2 % din timpul efectiv:

$$T_{do} = \frac{K_2}{100} \cdot T_e \text{ [min]} \tag{1.10}$$

Timpul de odihnă şi necesități fireşti T_{on} se dă de asemenea în procente K_3 % din timpul efectiv:

$$T_{on} = \frac{K_3}{100} \cdot T_0 \text{ [min]} \tag{1.11}$$

Timpul de pregătire-încheiere, $T_{pî}$ este timpul necesar pentru: primirea desenelor şi a instrucțiunilor de lucru; prinderea dispozitivelor şi a sculelor pe maşina unealtă; reglarea inițială; desprinderea dispozitivelor, sculelor şi predarea lor (în cadrul sculăriilor); predarea lucrului executat şi a restului de materiale.

Timpul de pregătire-încheiere se acordă odată pentru întregul lot de piese, la începutul schimbului şi se indică în tabele normative.

Restul timpilor menționați se acordă pentru fiecare piesă din lot.

Inversul normei tehnice de timp se numeşte norma tehnică de prelucrare, mărime ce caracterizează productivitatea muncii şi care se măsoară în „bucăți/timp".

$$N = \frac{1}{T} \text{[buc / timp]} \tag{1.12}$$

Norma tehnică de prelucrare se determină pe minut.

În marea majoritatea a proceselor de muncă, elementele muncii intelectuale se suprapun cu cele ale muncii fizice, de regulă ponderea muncii intelectuale nesuprapusă cu cea fizică reprezentând 20-50%, funcție de specificul diferitelor activități. Spre exemplu, la un contabil, elementele muncii intelectuale nesuprapuse cu cele fizice reprezintă mai puțin de 20%, în timp ce la cercetători, proiectanți, inovatori, elementele muncii intelectuale pot depăşi 50%, fără a creşte prea mult peste această cifră.

O analiză a elementelor muncii intelectuale nesuprapusă cu cea fizică ne arată că acestea pot fi defalcate într-o serie de procese mai mici, ca şi mişcarea în cadrul muncii fizice. Astfel, orice proces intelectual presupune perceperea de către organele senzoriale a anumitor semnale, transmiterea lor la creier, separarea lor funcție de destinații, efectuarea unor calcule, eliberarea deciziei, transmiterea deciziei către organele motoare şi îndreptarea atenției în altă parte.

Procesele muncii intelectuale pot presupune şi operații de aduceri aminte, memorizări, etc. Durata elementelor muncii intelectuale depinde de diverşi factori. Spre exemplu, durata de percepere a semnalului depinde de gradul de iluminare a obiectului, de culoare, strălucire, contrastul cu mediul înconjurător, ş.a.

S-au elaborat tabele pentru normarea proceselor muncii intelectuale, prin defalcarea în elemente componente, precizarea succesiunii normale, raționale a acestora şi a factorilor care o influențează.

Referitor la aceşti factori se exemplifică operația intelectuală „reacția la semnal“. Se disting trei cazuri calitativ diferite:

a) Executantul se aşteaptă la semnal, ştie direcția din care apare, dar nu cunoaşte momentul; va rezulta un timp mic de reacție la semnal;

b) Executantul aşteaptă un semnal, dar nu cunoaşte momentul şi direcția din care apare; rezultă că timpul de percepere va fi mai mare.

c) Executantul nu se aşteaptă la semnal; rezultă un timp de reacție foarte mare.

Un exemplu de „reacție la semnal“ este prezentat în tabelul următor pentru situația în care operatorul trebuie să perceapă un semnal şi respectiv 6 semnale.

Elementele procesului intelectual	Timp pentru un semnal [10^{-4}. min]	Timp pentru 6 semnale [10^{-4}.min]
Perceperea semnalului	6	6
Transmiterea impulsului la creier	2	2
Selecția semnalelor	4	25
Elaborarea deciziei	4	25
Transmiterea impulsului la muşchi	2	2
Suma	18	60

Un alt exemplu: analiza operațiunii intelectuale „citire“. Operația are următoarele elemente: urmărirea textului, cifrelor şi altor semne, prelucrarea în creier a informației, timpul fiind funcție de uşurința selectării literelor şi semnalelor, depinzând de numărul literelor dintr-o silabă, lungimea cuvintelor, forma şi claritatea caracterelor, modul cum este scris textul, distanța între cuvinte, volumul informației care revine de la un grup de cuvinte, destinația cititului. Elementele finale ale operației „citire“ sunt luarea deciziei şi transmiterea comenzii la organele motoare. Operația „citire“ mai poate cuprinde elemente ca „memorarea“, „aducerea aminte“, ş.a.

1.6. Pregătirea tehnică a fabricației

În realizarea unui aparat electric punctul de plecare îl constituie concepția constructivă a acestuia, precum şi concepția tehnologică referitoare la căile de realizare a aparatului electric.

Între concepția constructivă a produsului şi cea tehnologică există o strânsă legătură şi interdependență. O construcție necorespunzătoare nu poate fi îmbunătățită printr-o tehnologie chiar excepțional de bine pusă la punct, după cum şi un proiect bun poate fi compromis de o tehnologie necorespunzătoare.

În diagrama din figura 1.3. se prezintă etapele ce trebuiesc parcurse de la concepţia constructivă şi tehnologică a unui produs până la lansarea lui în fabricaţie. Aceste etape constituie pregătire tehnică a fabricaţiei.

Pregătirea tehnică poate fi realizată fie de institute specializate, care predau întreprinderii toată pregătirea tehnică, verificată prin realizarea prototipului şi a seriei zero, fie de serviciile întreprinderii specializate în pregătirea fabricaţiei: tehnolog şef, constructor şef, mecanic şef, etc.

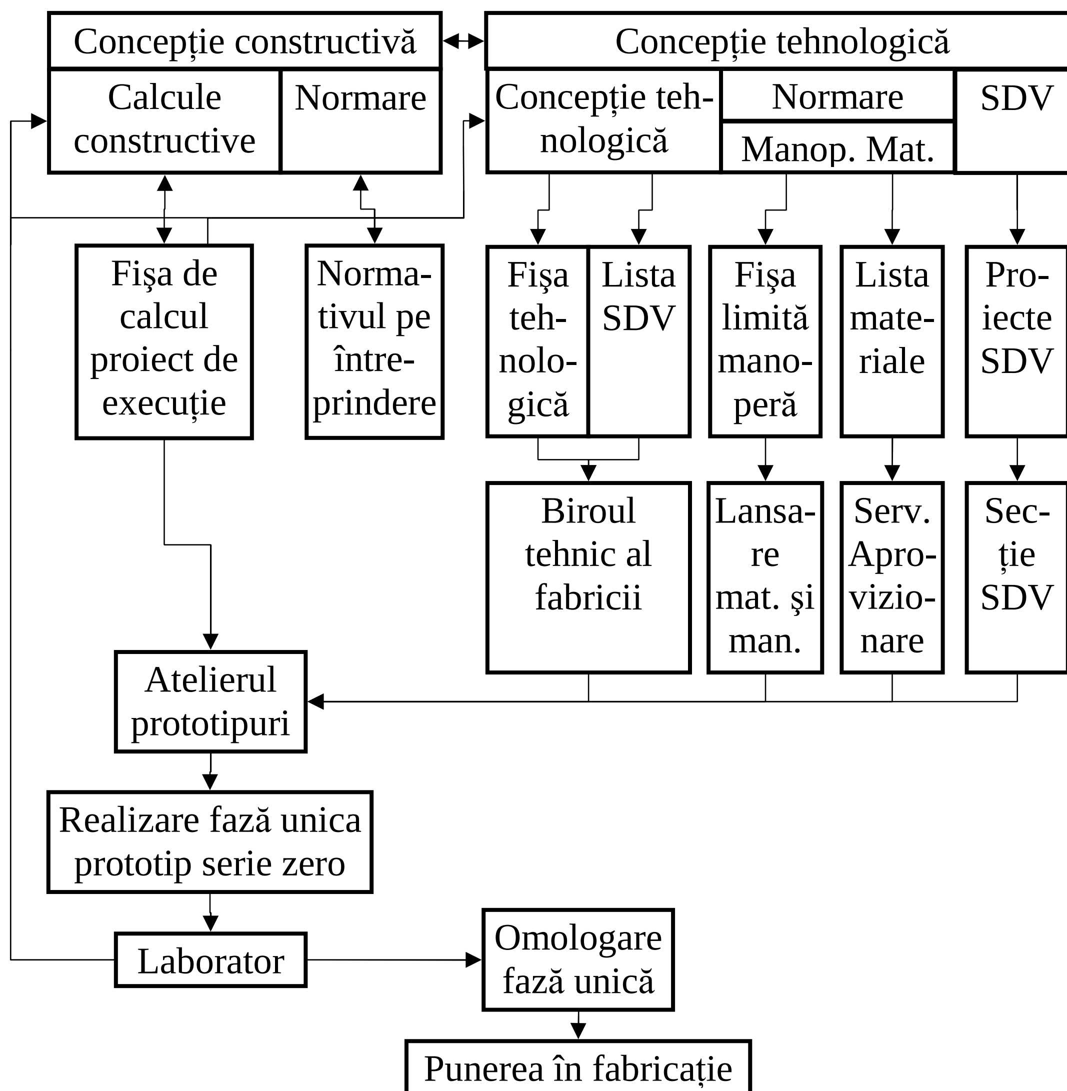


Figura 1.3. Etapele pregătirii tehnice a fabricaţiei

Lansarea în fabricaţie constituie ultima etapă a pregătirii fabricaţiei şi se face de către serviciile de planificare, care dispun executarea produsului conform comenzilor de fabricaţie, corelate cu planul de producţie.

Comenzile de fabricaţie lansate în secţiile productive sunt analizate, procedându-se la defalcarea lucrărilor pe om şi maşină.

La proiectarea proceselor tehnologice de fabricație trebuie să se respecte două principii de bază: principiu tehnic şi principiul economic.

Conform principiului tehnic, procesul tehnologic trebuie să asigure respectarea condițiilor privitoare la precizia dimensiunilor, a formei geometrice şi a poziției reciproce a suprafețelor, calitatea suprafețelor etc., deci să asigure respectarea condițiilor tehnice prevăzute în desenele de execuție ale pieselor.

În conformitate cu principiul economic, execuția pieselor trebuie să se realizeze cu cheltuieli minime de muncă, energie, materiale, adică piesele să se obțină la un cost şi volum de muncă minime.

Respectarea condițiilor tehnice prescrise şi a condiției de economicitate a fabricației reprezintă, de obicei, factorii decisivi pentru proiectarea unui proces tehnologic optim. În cazul mai multor variante de procese tehnologice pentru aceeaşi piesă, care asigură în egală măsură condițiile tehnice, se alege varianta caracterizată printr-un cost minim.

Alături de criteriile tehnic şi economic, care sunt de bază, trebuie luat în considerare şi criteriul social, care impune proiectarea unor procese tehnologice ce asigură condiții de muncă cât mai uşoare pentru personalul de deservire, eliberându-l prin mecanizare şi automatizare de prestarea unor munci grele şi obositoare.

Un criteriu important în alegerea tehnologiilor de fabricație îl reprezintă şi criteriul ecologic: un impact minim asupra mediului ambiant. Impactul enviromental al tehnologiilor de fabricație este legiferat la nivel european şi național şi constitue o constrângere majoră care a eliminat numeroase tehnologii din fabricație (de exemplu: compuşii clorurați, aliajele de lipit cu plumb, etc)

Pe baza noțiunilor tehnice prezentate în capitolul „Procese tehnologice” şi pentru a verifica temeinicia cunoştiințelor studiate vă rog să răspundeți la următoarele întrebări:

1. Ce înțelegeți prin echipament electric?
2. Ce înțelegeți prin industrie electrotehnică?
3. Ce înțelegeți prin societate informațională (postindustrială)?
4. Ce pondere are industria în P.I.B.-ul țării noastre? Dar în exportul ei?
5. Ce pondere are industria electrotehnică în P.I.B.-ul țării noastre?
6. Ce pondere are industria electrotehnică în exportul țării noastre?
7. Cum se realizează modernizarea industriei electrotehnice?
8. Câte produse realizează industria electrotehnică românească?
9. Ce grupe de produse şi servicii furnizează industria electrotehnică românească?
10. Ce înțelegeți prin integrarea pe orizontală a industriei electrotehnice româneşti?
11. Care sunt țările cele mai dezvoltate din punctul de vedere al industriei electrotehnice?
12. Care sunt destinațiile exportului de produse electrotehnice româneşti?
13. Ce factori condiționează dezvoltarea pe termen scurt şi mediu a industriei electrotehnice româneşti?
14. Ce amenințări externe există la adresa industriei electrotehnice româneşti?
15. Ce cuprinde teoria proceselor tehnologice a echipamentelor electrice?
16. Ce înțelegeți prin tehnologie electrotehnică?
17. Ce înțelegeți prin proces de producție?
18. Ce înțelegeți prin proces de fabricație?
19. Ce înțelegeți prin proces tehnologic?
20. Ce înțelegeți prin inginerie industrială?
21. Ce înțelegeți prin inginerie tehnologică?
22. Clasificați procesele tehnologice după scopul lor.
23. Ce înțelegeți prin construcție tehnologică?
24. Care sunt caracteristicile tehnice ale unei construcții tehnologice?
25. Clasificați procesele tehnologice de prelucrare.
26. Clasificați procesele tehnologice de asamblare.
27. Ce înțelegeți printr-un produs?
28. Ce înțelegeți printr-un material?
29. Ce înțelegeți printr-o metodă tehnologică?
30. Ce înțelegeți printr-un utilaj tehnologic?
31. Ce înțelegeți printr-o operație tehnologică?
32. Ce înțelegeți printr-o fază tehnologică?
33. Ce înțelegeți printr-o manoperă?
34. Ce înțelegeți printr-un ciclu tehnologic?
35. Ce înțelegeți printr-un plan de producție?
36. Ce înțelegeți prin capacitatea de producție?

37. Ce înțelegeți prin producția specifică?
38. Ce înțelegeți prin consumul specific?
39. Definiți productivitatea liniei tehnologice.
40. Definiți ritmul de lucru al liniei tehnologice.
41. Definiți randamentul unui proces tehnologic.
42. Clasificați tipurile de procese de producție.
43. Ce caracteristici are producția individuală?
44. Ce caracteristici are producția de serie?
45. Ce caracteristici are producția de masă?
46. Definiți producția de masă fără flux.
47. Definiți producția de masă cu flux.
48. Clasificați liniile tehnologice după forma organizatorică?
49. Definiți linia tehnologică automată complexă.
50. Definiți linia tehnologică automată.
51. Definiți linia tehnologică unitară cu flux continuu.
52. Definiți linia tehnologică multiplă cu flux continuu.
53. Definiți linia tehnologică cu flux variabil.
54. Care sunt etapele de asimilare a unui nou proces tehnologic sau a unui nou produs?
55. Care sunt etapele de asimilare în producție a unui nou produs?
56. Ce înțelegeți prin „seria zero” a unui produs?
57. Ce înțelegeşi prin proces tehnologic realizabil într-o întreprindere?
58. Ce criterii stau la baza alegerii proceselor tehnologice?
59. Ce metode de analiză a variantelor tehnologice cunoaşteți?
60. Ce metode de alegere a procesului de fabricație optim cunoaşteți?
61. Ce rol are normarea tehnică?
62. Ce înțelegeți prin norma tehnică de timp?
63. Ce înțelegeți prin norma tehnică de prelucrare?
64. Care este structura timpului de muncă?
65. Ce procedee de stabilire a normei de timp cunoaşteți?
66. În ce constă „fotografierea” zilei de muncă?
67. Care sunt etapele cronometrării pentru stabilirea normei de timp?
68. Ce timpi compun timpul productiv a unui proces tehnologic?
69. Ce timpi compun timpul neproductiv a unui proces tehnologic?
70. Ce înțelegeți prin timp de bază a unui proces tehnologic?
71. Ce înțelegeți prin timp auxiliar a unui proces tehnologic?
72. Ce înțelegeți prin timp de deservire tehnică a unui proces tehnologic?
73. Ce factori influențează durata de percepere a unui semnal?
74. Care sunt etapele de pregătire tehnică a fabricației?
75. În ce constă lansarea în producție a unui produs?

76. În ce constă principiul tehnic ce trebuie respectat la proiectarea unui proces tehnologic?

77. În ce constă principiul economic ce trebuie respectat la proiectarea unui proces tehnologic?

78. În ce constă principiul social ce trebuie respectat la proiectarea unui proces tehnologic?

79. În ce constă principiul ecologic ce trebuie respectat la proiectarea unui proces tehnologic?

80. Ce tehnologii poluante au fost eliminate din industria electrotehnică?

2. DOCUMENTAȚIA TEHNOLOGICĂ

Proiectul unui nou produs electrotehnic se elaborează pe baza standardelor sau a normelor interne existente. Conform proiectului care cuprinde desenele de execuție, se fabrică prototipul. Acesta este supus încercărilor de omologare prototip, în urma cărora se fac observațiile şi remedierile necesare pentru a se obține un produs corespunzător calitativ.

Se definitivează apoi, documentație de proiectare – desenele şi nomenclatoarele produsului – care se transmit serviciului tehnologic.

Serviciul tehnologic poate fi organizat distinct de serviciul proiectare, sau are ingineri tehnologi care lucrează împreună cu proiectanții. Cum atribuțiile tehnologilor sunt oricum bine stabilite şi distincte de ale proiectanților, putem considera că serviciul tehnologic este organizat separat de cel de proiectare, ceea ce corespunde de fapt, cu stabilirea atribuțiilor celor care se ocupă de proiectarea tehnologiei în atelierele de proiectare mixte.

Serviciul tehnologic are următoarele compartimente:

a) tehnologic;
b) de materiale (sau de consumuri specifice);
c) de normare tehnică;
d) de proiectare SDV-uri (scule, dispozitive, verificatoare).

a) **Compartimentul tehnologic** efectuează proiectarea tehnologiei pe fişe tehnologice (în cazul producției de serie) sau pe planuri de operații (în cadrul producției de masă), documente în care sunt trecute toate detaliile legate de efectuarea fiecărei operații, la fiecare loc de muncă.

b) **Compartimentul de materiale** calculează consumurile specifice pentru materialele prevăzute de proiectant. Aceste consumuri se stabilesc pe unitatea de produs.

Se definesc:

1) **consum specific net** – care este greutatea reperului în stare finită;

2) **consum specific brut** – care este greutatea materialului în stare neprelucrată, fiind obținut din consumul specific net prin adăugarea pierderilor tehnologice de material (transformate inerent în deşeuri de prelucrare), de exemplu materialul care cade prin găurire, tăier, strunjire, decupare, etc. În figura 2.1. sunt exemplificate (prin haşurare) porțiunile din semifabricat care reprezintă pierderi tehnologice;

3) **consum de aprovizionare** – care este mai mare decât consumul brut cu pierderile ce revin pe unitatea de produs datorită rebuturilor admisibile, pierderilor de depozitare, transport, etc.

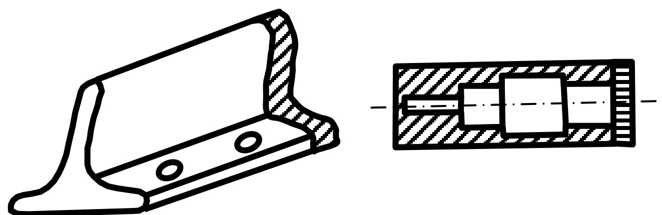


Figura 2.1.Pierderi tehnologice e material

Tot compartimentul de materiale stabileşte planurile de tăiere la materialele aprovizionate sub formă de tablă sau benzi, respectiv planurile de debitare la cele aprovizionate sub formă de bare.

c) **Compartimentul de normare tehnică** stabileşte norma tehnică de timp, adică timpul necesar efectuării fiecărei faze şi operații. Valoarea manoperei se calculează înmulțind norma tehnică de timp cu retribuția corespunzătoare în lei /oră pentru fiecare categorie de muncă.

d) **Compartimentul de proiectare SDV** – proiectează:

- sculele – o construcție care este utilizată în mod activ în procesul tehnologic, ele dând modificarea formei (ştanță, cuțit de strung, burghiu, etc.);
- dispozitivele – construcții auxiliare, ajutătoare în procesul de prelucrare (dispozitive de prindere, şabloane de găurit, etc.);
- verificatoarele – care servesc pentru controlul pieselor executate.

SDV-urile pot fi speciale sau standardizate. Compartimentul proiectare SDV-uri se ocupă de cele speciale, cele standardizate fiind cumpărate ca atare de la întreprinderi specializate.

Secția matrițerie a întreprinderii va executa sculele nestandardizate, destinate produsului nou proiectat. Cu aceste scule se execută seria zero, având ca scop verificarea concepției tehnologice şi omologarea seriei de SDV-uri.

După omologarea seriei zero se trece la lansarea în fabricație a noului produs.

În urma proiectării, procesele tehnologice sunt înscrise în documentele tehnologice. În acestea se notează modul de obținere al pieselor şi produselor, echipamentele tehnologice necesare (maşinile, utilajele, dispozitivele, sculele, verificatoarele, etc.), gradul de îndemânare necesar executării procesului tehnologic respectiv şi timpul în care este posibil să fie realizat.

Pe baza documentelor tehnologice se determină timpul necesar lucrărilor, se înzestrează locurile de muncă, se planifică şi se furnizează materialele şi semifabricatele.

Încălcarea prescripțiilor notate în documentația tehnologică poate conduce la compromiterea calității produselor. De aceea, respectarea cu strictețe a tuturor prescripțiilor documentației tehnologic este **legea de bază a producției**.

Standardul STAS 6269-80 stabileşte conținutul documentației tehnologice.

Forma documentației tehnologice poate diferi pentru diferite ramuri ale industriei electrotehnice, în funcție de specificul producției, dar caracterul documentației este acelaşi.

Totalitatea documentelor tehnologice poate fi împărțită în trei grupe:

- documentația tehnologică ce fixează procesul tehnologic al desfăşurării operațiilor unor piese (fişa tehnologică în cazul producției de serie) sau chiar al unei singure operații efectuate asupra piesei (planul de operație în cazul producției de masă);

- documentația tehnologică de sinteză care reflectă întregul proces tehnologic al prelucrării unor subansamble sau ansamble (de exemplu planul de succesiune al operațiilor şi toate datele funcționării unei benzi tehnologice). Tot în această grupă se încadrează şi documentația tehnologică ce conține datele de sinteză asupra înzestrării tehnologice, gradului de folosire a reperelor normalizate, a SDV-urilor normalizate, etc;

- instrucțiuni tehnologice necesare pentru executarea operațiilor complicate, a operațiilor care necesită respectarea unui anumit regim sau legate de folosirea unei instalații sau a unui utilaj special, precum şi instrucțiuni tehnologice de control.

În producția electrotehnică documentul tehnologic de bază este fişa tehnologică pe reper.

2.1. Standardizarea documentațiilor tehnologice

Foarte importantă pentru elaborarea documentației tehnologice este tipizarea proceselor tehnologice pe baza unificării obiectelor producției.

Construcțiile tehnologice trebuie să respecte o serie de norme şi reguli de calitate, protecție şi securitate, prevăzute în standarde. Tipizarea constructivă a reperelor, subansamblurilor şi produselor, realizată prin standardizare, asigură o productivitate sporită proceselor tehnologice, permițând interschimbabilitatea comodă, utilizarea rațională a materialelor, adaptarea unor domenii mai restrânse de clase de precizie, scăderea costului de fabricație, ş.a. Prin standarde se stabilesc de asemenea nomenclatura, terminologia, simbolurile, desenele, notațiile caracteristice, ş.a.

În domeniul construcției echipamentelor electrice, în țara noastră sunt în vigoare normele internaționale stabilite de Comitetul Electronic Internațional (CEI). Standardele din România sunt clasificate într-un sistem alfa numeric, în care domeniile de standardizare (sectoarele) sunt notate cu câte o literă, iar grupele din cadrul sectoarelor sunt notate cu câte o cifră.

Spre exemplu, standardele referitoare la domeniul energetică, electrotehnică şi electronică constituie sectorul F, care are o serie de grupe şi subgrupe, cum sunt:

F3 – Materiale electrotehnice

F30 – Generalități

F31 – Conductoare neizolate

F32 – Cabluri, conducte şi conductoare de bobinaj
F33 – Izolatoare
F34 – Materiale izolante
F4 – Maşini şi aparate electrice
F40 – Generalități
F45 – Aparataj electric de joasă tensiune
F46 – Aparataj electric de înaltă tensiune ş.a.m.d.

Un alt exemplu este sectorul L, ce cuprinde standarde referitoare la industria chimică, dintre grupele acestui sector unele având importanță deosebită în tehnologia de fabricație a aparatelor electrice, cum este spre exemplu grupa materialelor plastice:
L5 – Materiale plastice
L50 – Generalități
L51 – Metode de analiză şi încercări
L52 – Materiale termoplaste
L53 – Materiale termorigide
L54 – Produse fabricate din materiale termoplastice ş.a.m.d.

Pentru procesele prezentate în continuare se vor face mențiunile adecvate referitoare la normele şi regulile STAS ce trebuiesc respectate.

Analiza variantelor de prelucrare a pieselor în vederea adaptării soluțiilor optime, pentru condiții tehnico-organizatorice uzinale impuse, este posibilă atunci când tehnologul dispune de următoarele date preliminare: proiectul de execuție al produsului (borderoul de desene, desenele de ansamblu şi pe subsansambluri, desenele de execuție ale pieselor de prelucrat şi a celor conjugate); programul sau planul anual de producție pentru produsul respectiv şi necesarul de piese de schimb; utilajul tehnologic existent sau ce urmează a fi achiziționat; documentația tehnică auxiliară (cataloage de maşini unelte şi SDV-uri, STAS-uri), normele şi normativele privind normarea tehnică, etc.

La prelucrarea mecanică este necesar şi desenul de execuția al semifabricatului, eventual o piesă model. Verificarea succesiunii logice a asamblării se face, de asemenea, pe un ansamblu model.

2.2. Etapele de proiectare a proceselor tehnologice de fabricație

Proiectarea se realizează în două etape:

a) **Studiul preliminar** pentru determinarea variantelor optime.
b) **Elaborarea documentației tehnologice**.

Proiectul va cuprinde aşadar un memoriu de calcul şi materialul grafic însoțitor.

Procesele tehnologice de asamblare cuprind: analiza destinației produsului sau agregatului de asamblat şi a condițiilor tehnice impuse în desenele de execuție ale unităților şi sistemelor de asamblare; alegerea formei organizatorice de montaj, stabilirea structurii generale a schemei de montaj şi a schemei fluxului de asamblare din secție; determinarea normelor tehnice de timp şi proiectarea liniei tehnologice de asamblare (numărul de posturi de asamblare, viteza şi lungimea transportului principal); calculul necesarului de forță de muncă, utilajul şi SDV-uri în cadrul secției de montaj; determinarea estimativă a costului asamblării efectuate; completarea planurilor de operații şi elaborarea ciclogramei asamblării.

Tabelul 2.1. Etapele de proeictare a unui proces tehnologic de fabricație

	Titlul capitolului	Conținutul capitolului din proiect
	1	2
A.	Conținutul memoriului tehnic al proiectului	
1.	Stabilirea tipului de producție şi analiza tehnologică a desenului de execuție a piesei	– Analiza rolului funcțional şi a condițiilor tehnice (precizia, rugozitatea şi duritatea suprafețelor) impuse piesei finite şi a tehnologicității fabricării ei. – Stabilirea caracterului producției de piese, calculul ritmului şi productivității liniei tehnologice de prelucrare mecanică sau a mărimii lotului (serie)
2.	Alegerea variantei optime a procesului de obținere a semifabricatului	– Analiza comparativă a procedeelor concurente de semifabricare şi adoptarea variantei optime –Întocmirea planului de operații pentru executarea semifabricatului – Precizarea valorilor preliminare ale adaosului de prelucrare mecanică
3.	Elaborarea traseului tehnologic de prelucrare mecanică	– Studiul traseelor similare – Stabilirea succesiunii logice a oparațiilor de prelucrare mecanică, tratamentele termice (termo-chimice) şi controlul tehnic de calitate – Alegerea utilajelor şi SDV-urilor
4.	Determinarea regimurilor optime de aşchiere şi a normelor tehnice de tip	– Alegerea preliminară a regimurilor de lucru (adâncime, avans, viteză de aşchiere) pe baza calculului analitic sau a tabelelor şi nomogramelor – Stabilirea definitivă a regimurilor de aşchiere

	Titlul capitolului	Conținutul capitolului din proiect
	1	2
5.	Calculul necesa-rului de forță de muncă, de utilaje, SDV-uri şi ma-teriale	– Calculul necesarului de forță de muncă şi utilaje – Calculul necesarului de SDV-uri – Calculul consumului de materiale
6.	Alegerea variantei economice de proces tehnologic	– Calculul timpului de bază total şi a manoperei totale a procesului tehnologic – Calculul cheltuielilor curente pentru o piesă – Costul amortizării şi întreținerii sculelor speciale, a verificatoarelor şi sculelor – Determinarea programului de fabricație critic şi alegerea variantei economice
B.	Materialul grafic al proiectului	
1.	Elaborarea documentației tehnologice pentru:	a) planul de operații şi fişa film a traseului tehnologic de fabricare; foaia pentru calculul timpilor; desenele semifabricatelor şi de execuție a SDV-urilor, fişe de consum specific de materiale; fişe de manoperă specifice şi fişe de consum de SDV-uri b) fişa tehnologică sau fişa de lucru
a)	fabricație în serie mare şi în masă	
b)	fabricație în serie mică sau indi-viduală	

2.3. Stabilirea tipului producției

Soluțiile adoptate în proiectarea tehnologiei de fabricației cum ar fi: stabilirea gradului de specializare a maşinilor-unelte, a gradului de echipare cu dispozitive şi scule speciale, gradul de concentrare sau diferențiere a operațiilor depind de tipul producției: individuală, de serie, de masă.

Pentru stabilirea tipului producției, se calculează ritmul de fabricație al piesei considerate, cu relația:

$$R = \frac{F_r}{N}\ [\min/buc.] \qquad (2.1)$$

în care: F_r este fondul anual real de timp de lucru al utilajului, în min; N – planul de producție anual pentru piesa considerată, în buc.

Fondul anual real de timp de lucru al unei maşini unelte, se determină astfel:

$$F_r = 60 \cdot F_n \cdot m \cdot k \, [\text{min}] \tag{2.2}$$

în care: F_n este fondul nominal anual de timp de lucru al utilajului, în ore, pentru un schimb de lucru; m – numărul de schimburi de lucru; k – coeficient de utilizare a fondului nominal de timp, care ține seama de pierderile de timp pentru repararea maşi-nilor-unele (k = 0,98 pentru două schimburi şi 0,96 pentru trei schimburi de lucru).

Ritmul de fabricație R calculat cu relația (2.1) se compară cu norma de timp medie a pricipalelor operații de prelucrare ale piesei.

Norma de timp medie orientativă se determină astfel: se stabileşte în mod sumar procesul tehnologic, se aleg câteva operații caracteristice şi se determină normele de timp pentru operațiile alese, fie cu ajutorul normativelor grupate pe timpi de muncă, fie prin analogie cu piese similare prelucrate în întreprindere.

Dacă mărimea ritmului de fabricație R calculat este apropiată sau mai mică decât norma de timp medie orientativă, atunci prelucrarea piesei se va face după principiile producției de masă. În acest caz, pe fiecare loc de muncă se repartizează o singură operație care se execută în permanență şi se va asigura o încărcare suficient de mare a maşinilor-unelte.

Dacă mărimea ritmului de fabricație R este cu mult mai mare decât norma de timp orientativă a operațiilor (de peste 2 ori mai mare), prelucrarea piesei se va organiza după principiile producției de serie.

În acest caz, din cauza încărcării insuficiente a utilajului cu prelucrarea pieselor de o singură tipodimensiune, se adoptă prelucrarea pe loturi de piese cu diferite tipodimensiuni, care se succed la anumite intervale de timp.

Pentru producția de serie este necesar să se calculeze mărimea optimă a lotului de piese lansate în fabricație simultan. Ca mărime optimă a lotului se consideră numărul pieselor din lot care asigură cele mai reduse cheltuieli totale de producție pe unitatea de produs. Calculul lotului optim n_{opt}, exprimat în bucăți, se face cu relația:

$$n_{opt} = \sqrt{\frac{B_p \cdot N}{\left(c + \frac{C_p}{2}\right) \cdot e}} \tag{2.3}$$

în care: B_p reprezintă cheltuielile corespunzătoare timpului de pregătire-încheiere consumat cu lansarea în fabricație a fiecărui lot, în lei;
c – costul unei piese până la intrarea în prelucrare, în lei/buc.
C_p – costul prelucrării (retribuții directe plus cheltuieli indirecte, exclusiv cheltuieli de pregătire-încheiere), în lei/buc.,
e – pierderile datorate imobilizării mijloacelor circulante în perioada de timp necesară prelucrării lotului de piese, în lei/an.

Înainte de a începe proiectarea, tehnologul trebuie să studieze desenul de execuție al piesei, condițiile tehnice şi condițiile de funcționare în subansablul din care face parte, şi totodată, se analizează desenul de execuție în privința posibilității de aplicare a unei tehnologii raționale de fabricație.

La controlul tehnologic al desenelor, se verifică dacă vederile şi secțiunile sunt suficiente pentru definirea completă a piesei.

Se analizează dacă condițiile tehnice caracterizează suficient de complet piesa din punct de vedere al preciziei de prelucrare. Dacă se constată că cerințele de precizie şi rugozitatea suprafețelor sunt mai ridicate decât este necesar pentru funcționarea normală a piesei, tehnologul poate propune modificarea lor.

Se verifică corectitudinea cotării piesei. În acest sens, numărul de cote pe desenul de execuţie trebuie să fie minim, dar suficient pentru execuţia şi verificarea piesei. Nu este admisă existența pe desen a cotelor care formează un lanț de dimensiuni închis, cu toleranțe. În cazul în care sunt necesare cote informative, să fie notate între paranteze şi fără toleranțe (conform STAS 6857).

La controlul tehnologic al desenului se constată, de asemenea, dacă piesa are o construcţie tehnologică, adică dacă permite fabricarea prin cele mai economice procedee tehnologice, pe scurt, dacă este asigurată tehnologicitatea construcţiei. Toate modificările considerate necesare la controlul tehnologic al desenelor de execuție se adoptă cu acordul proiectantului produsului.

După controlul tehnologic al desenului de execuţie, tehnologul **alege semifabricatul optim,** luând în considerare, materialul, forma constructivă şi dimensiunile piesei de uzinat, precizia cerută semifabricatului, programul de producţie şi utilajul disponibil. În această etapă se calculează şi coeficienții de utilizare a materialului (mai ales la materialele scumpe, deficitare) şi se elaborează desenul semifabricatului în varianta optimă.

Determinarea succesiunii şi structurii operațiilor de prelucrare mecanică, tratament termic şi control se realizează pe baza unor principii de bază: primele operaţii ale procesului tehnologic sunt destinate creării bazelor tehnologice, care servesc la prelucrarea ulterioară a unei suprafețe trebuie să fie mai precisă decât cea precedentă (degroşare, finisare, netezire).

Ultimele operații sunt, de regulă, cele care au precizia cea mai mare şi rugozitatea minimă. Prelucrarea mecanică va începe, după crearea bazelor tehnologice, cu suprafețele bazei măsurate.

Itinerarul tehnologic adoptat trebuie să îndeplinească condiția de realizare a coeficientului global de precizie, ε_g. El reprezintă raportul:

$$\varepsilon_g = T_{s,d} / T_{f,d} \quad (2.4)$$

în care: $T_{s,d}$ este toleranța la dimensiunea d a semifabricatului, $T_{f,d}$ este toleranța finală a piesei la aceeaşi dimensiune.

Pentru un itinerar tehnologic destinat executării unei piese date la dimensiunea d şi toleranța $T_{f,d}$ coeficientul global se obține cu expresia:

$$\varepsilon_g = \prod \varepsilon_i \tag{2.5}$$

unde ε_i sunt coeficienții de precizie obținuți prin operațiile succesive de prelucrare mecanică „i“, $\varepsilon_i = T_{i-1} / T_i$.

Structura operațiilor se stabileşte ținându-se cont de principiile concentrării sau divizării operațiilor.

Principiul concentrării operațiilor constă în reunirea într-o singură operație a mai multor prelucrări elementare, care se execută cu o sculă combinată sau cu mai multe scule simple, simultan. Concentrarea (suprapunerea în timp) a prelucrării unor suprafețe ale piesei pe aceeaşi maşină-unealtă determină mărirea productivității prelucrării şi se recomandă în producții de serie mare sau de masă.

Principiul divizării operației constă în prelucrarea cu o singură sculă, succesiv, în una sau mai multe faze, sau prelucrarea fiecărei suprafețe a piesei printr-o operație elementară. Operațiile diferențiate sunt mai puțin productive şi se utilizează la uzinarea pieselor noi sau a celor încărcate prin sudare sau metalizare, în producția de serie mică şi mijlocie. Utilajele folosite sunt în general universale.

2.4. Alegerea variantei economice de proces tehnologic

Costul unui lot, format din n_{lot} piese, este: $C_n = An_{lot} + B\,[RON]$, (2.6)

în care A reprezintă cheltuielile curente pentru fiecare piesă prelucrată (retribuțiile muncitorilor direct productivi, costul materialului, cheltuielile pentru consumul de energie electrică, aer comprimat etc.), iar B – cheltuielile constante raportate la întregul lot n_{lot} (investiții, utilaje şi SDV-uri speciale, costul reglării maşinilor pentru întregul lot de piese etc.).

Considerând două variante de proces tehnologic, costurile $C_n = f(n_{lot})$ au alura dreptelor C_{1n} şi C_{2n} (figura 2.2.) care se intersectează în punctul de abscisă n_{cr}, denumit program de fabricație:

$$n_{cr} = \frac{B_1 - B_2}{A_2 - A_1} \tag{2.7}$$

Conform graficului se constată că cu cât cheltuielile cu investițiile sunt mai mari, $B_1 > B_2$, cu atât cheltuielile curente pentru fiecare piesă sunt mai mici, $A_1 < A_2$.

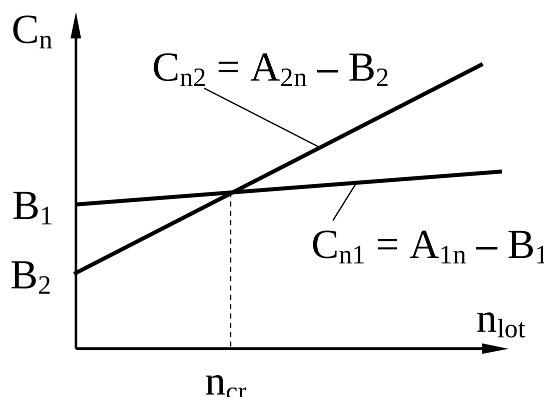


Figura 2.2. Determinarea pe cale grafo-analitică a programului critic de fabricație

2.5. Elaborarea documentației tehnologice

În tabelul 2.2. se prezintă principalele documente tehnologice care se completează la proiectarea proceselor tehnologice de prelucrare mecanică.

Fişa tehnologică ilustrează un proces tehnologic elaborat sumar şi se întocmeşte pentru producțiile de unicate şi serie mică. Ea trebuie să cuprindă datele:

– date generale;
– date privind conținutul procesului tehnologic pe operații;
– schița piesei (în cazuri speciale)

Datele generale sunt următoarele:

– întreprinderea şi secția în care se execută prelucrarea;
– numărul fişei tehnologice;
– numărul comenzii de lucru;
– numărul reperului;
– data întocmirii fişei tehnologice;
– produsul şi numărul de piese de produs;
– producția pentru care este valabilă fişa tehnologică;
– numele tehnologului şi normatorului;
– materialul semifabricatului (masa, starea, STAS-ul).

Procesul tehnologic trebuie să conțină următoarele date asupra tuturor operațiilor:

– numărul operației, denumirea operației;
– atelierul;
– maşina-unealtă şi SDV-urile;
– indicații tehnologice sumare;
– numărul de bucăți prelucrate simultan;
– categoria de calificare a muncitorului;
– timpul normat: unitar şi de pregătire;
– valoarea manoperei pe operație, corespunzătoare timpilor unitari şi de pregătire.

Tabelul 2.2.Documentația tehnologică

Denumire	Scopul	Conținutul
1	2	3
1. Fişa tehnologică	Stabilirea desfăşurării procesului tehnologic de prelucrare prin aşchiere, fără detalierea operațiilor. Se foloseşte la fabricația de serie mică, pentru piese nu prea complicate.	Formulare de evidență primară cuprinzând: caracteristicile piesei (denumire, material, pasă, număr desen etc.), desfăşurarea operațiilor principale pentru executarea lor; schița piesei.
2. Fişa de lucru singular	Stabilirea sumară a desfăşurării procesului tehnologic de prelucrare prin aşchiere, cu amănunte mai puține decât în fişa tehnologică. Se foloseşte la fabricația individuală.	Formular de evidență primară cuprinzând: caracteristicile piesei, desfăşurarea operațiilor cu unele date pentru executarea acestora (secția sau atelierul, utilajul sau locul de muncă, timpul normat, unele indicații sumare de lucru etc.)
3. Fişa de operații	Stabilirea detaliată a procesului tehnologic de prelucrare prin aşchiere cu amănunte mai multe decât în fişa tehnologică. Se foloseşte la fabricație în serie mare şi de masă, cât şi pentru fabricația în serie mică sau individuală a unor piese amplificate	Volum format din formulare de evidență primară, cuprinde file pe operații în care se dau: denumirea şi caracteristicile piesei: schița piesei cu indicarea suprafețelor prelucrate în operația respectivă; utilajul cu caracteristicile lui, desfăşurarea fazelor operației respective, datele amănunțite ale executării fiecărei faze.
4. Foaia pentru calculul timpului	Stabilirea tehnico-ştiințifică a normelor de timp pentru fazele operațiilor.	Formular de evidență primară cuprinzând: denumirea şi caracteristicile piesei; schița piesei cu indicarea suprafețelor prelucrate în faza respectivă; regimul de aşchiere; elementele normei de timp.
5. Desene de execuție pentru scule, dispozitive şi verificatoare	Stabilirea formei, a dimensiunilor, a materialelor şi condițiilor tehnice pentru scule, dispozitive şi verificatoare.	Desene de execuție pentru scule, dispozitive, verificatoare şi elementele lor.

6. Extras de materiale	Stabilirea consumului unui material dat pentru fabricarea de produs	Formular de evidență primară cuprinzând: denumirea produsului şi caracteristicile materialului, denumirea şi nr. de bucăți pentru reperele competente ale produsului; necesar, net şi brut, pe unitatea de produs.
7. Fişă de consum specific de materiale	Stabilirea consumului total de materiale, necesar pentru fabricarea unității de produs finit.	Formular de evidență primare cuprinzând: denumirea produsului, denumirea şi caracteristicile materialului necesar, consumurile specifice pe unitatea de produs.
8. Extras de manoperă	Stabilirea încărcării unui tip de maşină sau loc de lucru.	Formular de evidență primară cuprinzând: denumirea produsului, denumirea şi caracteristicile tipului de maşină sau locului de lucru; denumirile reperelor prelucrate la tipul de maşină sau locul de lucru respectiv; numărul de operații executate la fiecare reper; încărcarea tipului de maşină sau locului de muncă.
9. Fişă de manoperă specifică	Stabilirea pe tipuri de utilaj şi locuri de lucru a manoperei pe unitate de produs; baza pentru calculul forței de muncă şi al numărului necesar de maşini şi utilaje.	Formulare de evidență primară cuprinzând denumirea produsului, denumirea şi caracteristicile utilajelor şi locului de lucru; încărcarea utilajelor şi locurilor de lucru pentru fabricarea unității de produs.
10. Fişă de consum specific de scule, dispozitive sau verificatoare (norme sau speciale)	Stabilirea consumurilor de scule, dispozitive sau verificatoare normale sau speciale, pentru verificarea unității de produs.	Denumirea produsului, denumirile, tipurile şi dimensiunile sculelor, dispozitivelor sau verificatoarelor; consumurile specifice pentru fabricarea unității de produs.

Fişa tehnologică conține deci informații tehnologice la nivelul operației, nu şi la părți componente ale operației.

Se constată că elaborarea fişei tehnologice se poate face şi cu ajutorul calculatorului, care are înmagazinate în memorie variantele tehnologice realizabile în întreprindere pentru executarea reperului respectiv.

Planul de operații este sinteza unui proces tehnologic detaliat în cele mai mici amănunte şi este specific producțiilor de serie mijlocie, mare sau de masă. Are ca scop de a pune la îndemâna muncitorilor un proces de prelucrare astfel stabilit, încât succesiunea operațiilor şi fazelor de lucru să fie univoc şi complet determinate, scutind muncitorul sau maistrul de a adopta soluții de moment. Elementul principal al planului este operația.

Pentru fiecare operație se completează câte o filă, cu detalierea operației pe faze, indicarea aşezărilor şi poziției piesei în decursul prelucrării, stabilirea indicațiilor tehnologice amănunțite pentru executarea fiecărei faze: sculele, dispozitivele, verificatoarele, regimul de aşchiere, norma de timp etc. Conturul suprafețelor prelucrate la operația respectivă se trasează pe schița operației cu linie continuă groasă; pentru aceste suprafețe se indică dimensiunile tehnologice (intermediare), toleranțele tehnologice şi rugozitatea suprafețelor. Conturul suprafețelor neprelucrate în operația respectivă se trasează cu linie subțire.

Totalitatea filelor de operații, care se referă la prelucrarea aceleaşi piese, formează planul de operații.

Indicațiile din planul de operații trebuie respectate întocmai. Nerespectarea lor înseamnă abateri de la disciplina tehnologică şi conduc la scăderea calității produselor.

Planul de operații conține, ca şi fişa tehnologică două categorii de date:

– întreprinderea, secția, atelierul în care se execută prelucrarea;

– denumirea piesei şi numărul reperului;

– maşina-unealtă (firma şi modelul);

– numărul de semifabricate prelucrate simultan;

– simbolul produsului;

– denumirea operației şi numărul ei în procesul tehnologic;

– numele celor care au realizat şi aprobat procesul tehnologic;

– datele privind conținutul operației;

– schița operației, care poate fi prezentată pe una sau mai multe file ale planului de operații, trebuie să conțină: schița semifabricatului în poziția de lucru, marcarea suprafețelor care se prelucrează în operația respectivă, condițiile tehnice impuse (de precizie dimensională, de formă sau poziție reciprocă, rugozitate, schema de orientare şi fiecare a semifabricatului);

– numărul şi definirea fazelor componente ale operației, toate fazele tehnologice active şi principalele faze auxiliare, inactive;

– sculele aşchietoare necesare: tipul, materialul şi STAS-ul;

– dispozitivele de prindere a semifabricatelor şi sculelor aşchietoare;

– mijloacele de control, tipul, domeniul de măsurare, precizia şi STAS-ul;

– condițiile de răcire-ungere;

– instrucțiuni suplimentare;

– parametrii regimului de aşchiere şi parametrii de reglare al maşinii-unelte: adâncimea de aşchiere, numărul de treceri, avansul de aşchiere, viteza de aşchiere, turația, pentru fiecare fază;

– dimensiunile de realizat (prelucrat), şi cele de calcul;

– timpii de bază şi timpii auxiliari pentru fazele active şi auxiliare;

– timpul de pregătire-încheiere pe lot;

– timpii de bază, auxiliari, de deservire tehnică, de deservire organizatorică, de odihnă şi unitari – pe operație;

– calificarea muncitorului (categoria de încadrare).

2.6. Diagrame tehnologice

Diagramele tehnologice servesc la organizarea producției dar, în acelaşi timp la verificarea justeței unei tehnologii alese. În principal se folosesc trei tipuri de diagrame.

1.**Diagrama compunerii reperelor în produs**

Produsul se asamblează din subansamble de diferite ordine şi din repere. Din numeroasele scheme de asamblare cea mai răspândită este schema de asamblare tip evantai, care arată din ce piese şi subansamble se face asamblarea (vezi laborator).

O astfel de schemă este simplă şi intuitivă dar ea nu reprezintă succesiunea asamblării. Dacă pe această schemă sunt indicații privind operațiile tehnologice, atunci ea se numeşte schemă tehnologică de asamblare.

2. **Diagrama circuitului reperelor şi subansamblelor în procesul de fabricație**

Această diagramă indică parcursul subansamblelor şi reperelor în atelierele prescrise de procesul tehnologic. În figura 2.3. s-a exemplificat o astfel de diagramă pentru un reper k, pentru a cărui prelucrare sunt necesare şapte operații notate cu cifre romane în dreptul celor şapte ateliere ale întreprinderii considerate.

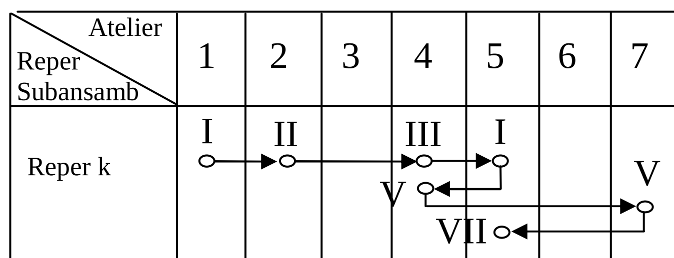


Figura 2.3. Diagrama circuitului reperelor şi subansamblelor în procesul de fabricație.

Studiind această diagramă pentru diferite variante tehnologice, se poate alege aceea variantă care asigură un parcurs cât mai simplu şi mai economic, evitându-se întoarcerile prin ateliere.

3. **Diagrama programării calendaristice**

Acest tip de diagramă se poate face pe loturi de piese şi arată care este ordinea temporală în care trebuiesc efectuate operațiile în procesul de producție pentru a reduce la minim ciclul de fabricație. În figura 2.4 este reprezentată o astfel de diagramă.

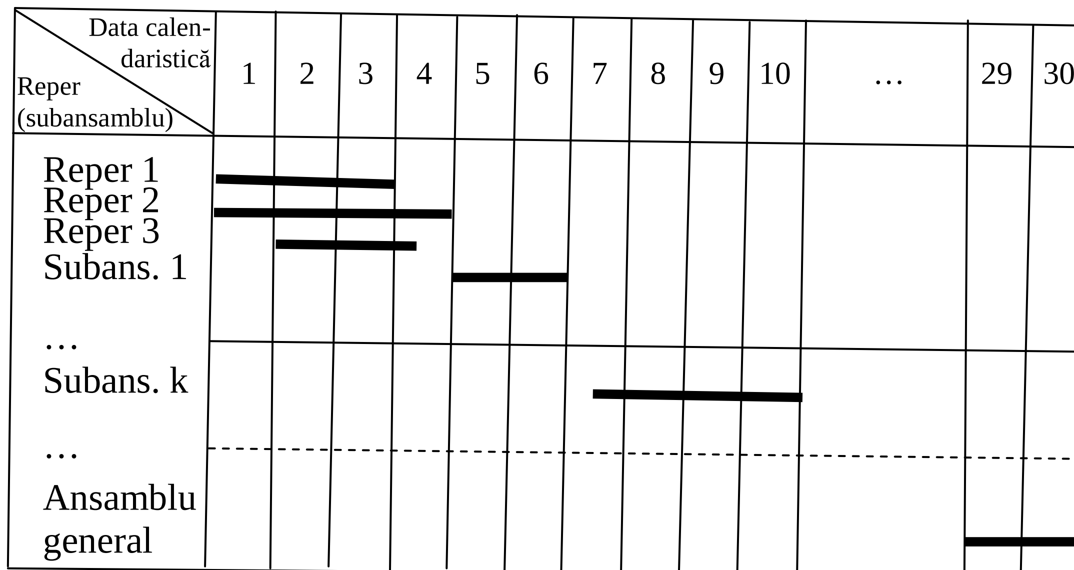


Figura 2.4 Diagrama programării calendaristice.

Subansamblul 1 are de exemplu o durată de fabricație de 2 zile. Reperele care-l compun necesită timpi diferiți. Ele vor trebui să fie gata în ziua în care începe asamblarea acestui subansamblu. Programarea fiecărui reper şi subansamblu se face la data necesară pentru obținerea în timp util a asamblării şi funcție de încărcarea utilajului tehnologic.

Folosind această diagramă şi corelând-o cu încărcarea utilajelor tehnologice ale întreprinderii se poate obține un ciclu de fabricație minim, în cazul unei programări calendaristice judicioase ale producției.

Se obține astfel un proces tehnologic corelat cu posibilitățile atelierelor şi secțiilor întreprinderii, optim din punct de vedere al economicității sale şi cu program minim de fabricație.

2.7. Tipizarea proceselor tehnologice

Analiza proceselor tehnologice pentru piese asemănătoare, evidențiază existența unor elemente comune ale proceselor tehnologice, putându-se elabora procese tehnologice nu pentru fiecare piesă separat, ci pe tipuri de piese.

Prima etapă a tipizării proceselor tehnologice este clasificarea pieselor în clase şi grupe. Apoi, se proiectează proceselor tehnologice tip şi pe baza acestora se elaborează procesul tehnologic concret de prelucrare mecanică pentru fiecare piesă în parte.

Tipizarea proceselor tehnologice de prelucrare mecanică prezintă următoarele avantaje:

– uniformizează tehnologica de fabricație a pieselor similare;
– scurtează ciclul de pregătire a fabricației;
– favorizează introducerea procedeelor moderne, avansate, de prelucrare;
– permite folosirea pe scară mai largă a mijloacelor de mecanizare şi automatizare;
– simplifică şi accelerează elaborarea noilor procese tehnologice etc.

Caracteristica principală a **tehnologiei de grup** constă în elaborarea proceselor tehnologice pentru un grup de piese, pentru a căror prelucrare sunt necesare:

– maşini-unelte de acelaşi tip;
– echipament tehnologic comun;
– reglaje comune ale maşinilor-unelte.

Aplicarea tehnologiei de grup are la bază clasificarea pieselor, efectuată în aşa fel încât piesele din grupă să aibă un plan comun de prelucrare a principalelor suprafețe.

Grupele de piese pot fi constituite în aşa fel încât:

– să aibă o singură operație comună a procesului tehnologic;
– să aibă mai multe operații comune;
– să aibă toate operațiile procesului tehnologic comune.

Din grupa de piese se alege o piesă caracteristică, care conține toate suprafețele elementare ce se prelucrează ale pieselor din grupa respectivă şi care se numeşte piesă complexă.

Dacă nu există o piesă complexă reală, se imaginează una convențională.

Procesul tehnologic de grup se elaborează pentru piesa complexă, proiectându-se un reglaj de grup, cu folosirea de dispozitive şi scule comune.

Avantajele aplicării tehnologiei de grup sunt:

– elimină marea varietate de procese tehnologice pentru piese asemănătoare din punct de vedere constructiv-tehnologic;
– permite folosirea unor procese tehnologice de grup mai eficiente în producția individuală şi de serie mică;
– oferă posibilitatea introducerii unui echipament tehnologic de mare productivitate cu reglări simple de la o piesă la alta. În cazul producției de serie mică este mai avantajoasă folosirea tehnologiei de grup decât a tehnologiei tipizate.

Pe baza noțiunilor tehnice prezentate în capitolul „Documentația tehnologică” şi pentru a verifica temeinicia cunoştiințelor studiate vă rog să răspundeți la următoarele întrebări:

1. Ce rol are serviciul tehnologic?
2. Ce compartimente conține serviciul tehnologic?
3. Ce rol are compartimentul tehnologic din cadrul serviciului tehnologic?
4. Ce rol are compartimentul de materiale?
5. Ce înțelegeți prin consum specific net al unui produs?
6. Ce înțelegeți prin consum specific brut al unui produs?
7. Ce înțelegeți prin consum de aprovizionare al unui produs?
8. Ce înțelegeți prin pierderi tehnologice?
9. Ce înțelegeți prin adausuri tehnologice?
10. Ce rol are compartimentul de normare tehnică?
11. Ce rol are compartimentul de proiectare SDV-uri?
12. Ce rol are secția matrițerie?
13. Ce înțelegeți prin scule într-un proces de fabricație?
14. Ce înțelegeți prin dispozitive într-un proces de fabricație?
15. Care este legea de bază a producției?
16. Din ce documnete este formată documentația tehnologică?
17. Ce înțelegeți prin fişă tehnologică?
18. Care este documentația tehnologică de bază în industria electrotehnică?
19. Ce înțelegeți prin plan de operații?
20. Ce înțelegeți prin plan de succesiune al operațiilor?
21. Ce înțelegeți prin instrucțiune tehnologică?
22. Ce înțelegeți prin interschimbabilitatea reperelor?
23. Ce rol are standardizarea documnetației tehnologice?
24. Cum sunt codificate standardele româneşti din domeniul electrotehnic?
25. Ce date preliminare sunt necesare tehnologului pentru elaborarea documentației tehnologice?
26. Care sunt etapele de proiectare tehnologică?
27. Ce criteriu stă la baza alegerii tipului de fabricație?
28. Cum se determină fondul anual real de timp de lucru al unei maşini unelte?
29. Ce înțelegeți prin lot optim de fabricație?
30. De cine depinde lotul optim de fabricație?
31. Ce se verifică la controlul tehnologic al desenelor de execuție?
32. Ce înțelegeți prin tehnologicitatea construcției unei piese?
33. Cum se alege semifabricatul optim?
34. Cum se determină succesiunea operațiilor tehnologice?
35. Ce înțelegeți prin itinerar tehnologic?
36. Care sunt primele operații tehnologice?
37. Care sunt ultimele operații tehnologice?

38. În ce constă principiul concentrării operațiilor tehnologice?
39. Ce avantaje prezintă concentrarea operațiilor tehnologice?
40. În ce constă principiul divizării operațiilor tehnologice?
41. De cine depinde costul de fabricație al unui lot de piese?
42. Ce scop are şi ce conține fişa tehnologică?
43. Ce scop are şi ce conține fişa de lucru singular?
44. Ce scop are şi ce conține fişa de operații?
45. Ce scop are şi ce conține foaia de calcul al timpului?
46. Ce scop are şi ce conține extrasul de material?
47. Ce scop are şi ce conține fişa de consum specific de material?
48. Ce scop are şi ce conține extrasul de manoperă?
49. Ce scop are şi ce conține fişa de manoperă specifică?
50. Ce date trebuie să conțimă documentația procesului tehnologic?
51. Ce este un plan de operații?
52. Ce conține un plan de operații?
53. Ce rol au diagramele unui proces tehnologic?
54. Ce tipuri de diagrame tehnologice cunoaşteți?
55. Ce rol are diagrama circuitului reperelor şi subansamblelor în procesul de fabricație?
56. Ce rol are diagrama programării calendaristice?
57. Ce rol are tipizarea proceselor tehnologice?
58. Ce avantaje prezintă tipizarea proceselor tehnologice de prelucrare mecanică?
59. În ce condiții se poate aplica tehnologia de grup?
60. Ce avantaje prezintă aplicarea tehnologiei de grup?

3. PRECIZIA DIMENSIONALĂ

Asigurarea preciziei tehnologice a produselor electrotehnice pune probleme legate de determinarea erorilor de producție, analiza lor, corectarea corespunzătoare a proceselor tehnologice, şi deci necesită aplicarea unor metode de măsură şi de construcție a proceselor tehnologice optime.

Pentru rezolvarea cu succes a problemelor tehnologice este necesar să se facă apel la multe ramuri ale ştiinței contemporane. În ceea ce priveşte direcțiile de perspectivă ale dezvoltării tehnologiei trebuie notat în primul rând abstracția matematică, adică descrierea matematică a tuturor laturilor procesului tehnologic în scopul obținerii relațiilor analitice precise care determină legătura lor reciprocă.

În al doilea rând trebuie notată utilizarea activă a calculatoarelor în proiectarea şi fabricarea produselor electrotehnice, înțelegând prin aceasta şi conducerea automată activă a proceselor tehnologice. Deosebit de importantă este utilizarea calculatoarelor la optimizarea proceselor tehnologice. Bazele acestei direcții de perspectivă sunt metodele teoriei programării liniare, neliniare şi teoria deservirii în masă (teoria aşteptării).

3.1. Dimensiuni, abateri, toleranțe şi ajustaje

Dimensiunea este caracteristica geometrică liniară, care determină în general mărimea piesei:

– Dimensiunea nominală N este valoarea de bază în caracterizarea unei anumite dimensiuni şi este înscrisă pe desenul de execuție.

– Dimensiunea efectivă E este valoarea dimensiunii obținute prin prelucrare şi evidențiată prin măsurare.

– Dimensiuni limită sunt cele două dimensiuni scrise de proiectant pe desen sub forma abaterilor şi anume:

– dimensiunea limită maximă – D_{max} (sau L_{max})

– dimensiunea limită minimă – D_{min} (sau L_{min})

Dacă dimensiunea efectivă iese în afara dimensiunilor limită, piesa poate fi rebut.

– Abaterea efectivă A este diferența dintre dimensiunea efectivă şi dimensiunea nominală:

$$A = E - N \tag{3.1.}$$

– Abaterea superioară A_s este egală cu diferența dintre dimensiunea maximă şi dimensiunea nominală:

$$A_s = D_{max} - N \tag{3.2.}$$

– Abaterea inferioară A_i este egală cu diferența dintre dimensiunea minimă şi dimensiunea nominală:

$$A_i = D_{min} – N \tag{3.3.}$$

– Toleranța T este intervalul de variație a dimensiunilor limită:

$$T = D_{max} – D_{min} = A_s – A_i \tag{3.4.}$$

– Câmpul de toleranță este zona cuprinsă între dimensiunea maximă şi dimensiunea minimă.

Convențional, în asamblările cu suprafețe cilindrice, suprafața cuprinzătoare se numeşte alezaj, iar suprafața cuprinsă – arbore, corespunzător cărora se vor folosi notații cu litere mari, D sau L, pentru alezaj şi notații cu litere mici, d sau l pentru arbore.

În figura 3.1 sunt reprezentate diametrele şi abaterile arborelui şi ale alezajului, iar în figura 3.2 – toleranțe şi câmpul de toleranță.

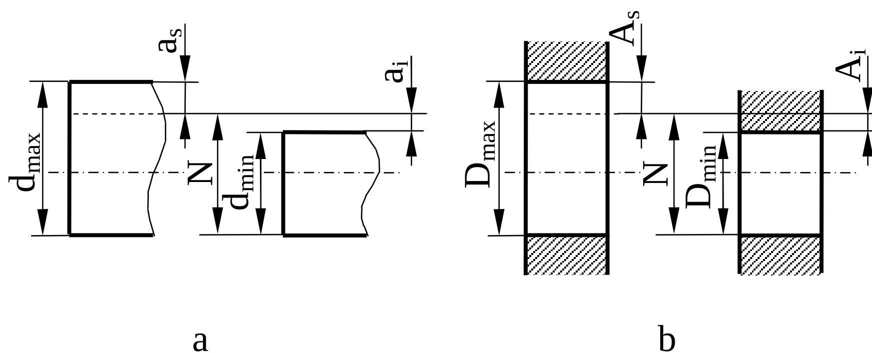


Figura 3.1. Dimensiuni şi abateri. a – pentru arbori; b – pentru alezaje.

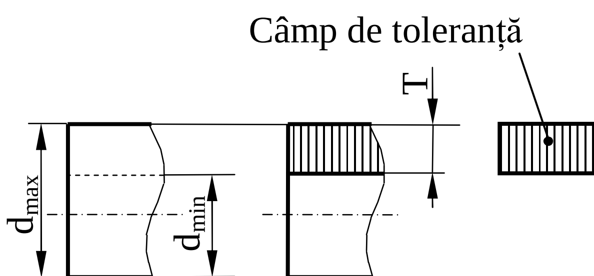


Figura 3.2. Toleranța T şi câmpul de toleranță

După raportul în care se găsesc diametrele alezajului şi arborelui se disting:

– asamblări cu joc (figura 3.3.a) când diametrul alezajului este mai mare decât diametrul arborelui;

– asamblări cu strângere (figura 3.3.b), când diametrul arborelui este mai mare ca diametrul alezajului.

Jocul J (figura 3.3.a) este diferența dintre diametrul efectiv al alezajului şi diametrului efectiv al arborelui, când primul este mai mare decât al doilea:

$$J = D - d \tag{3.5.}$$

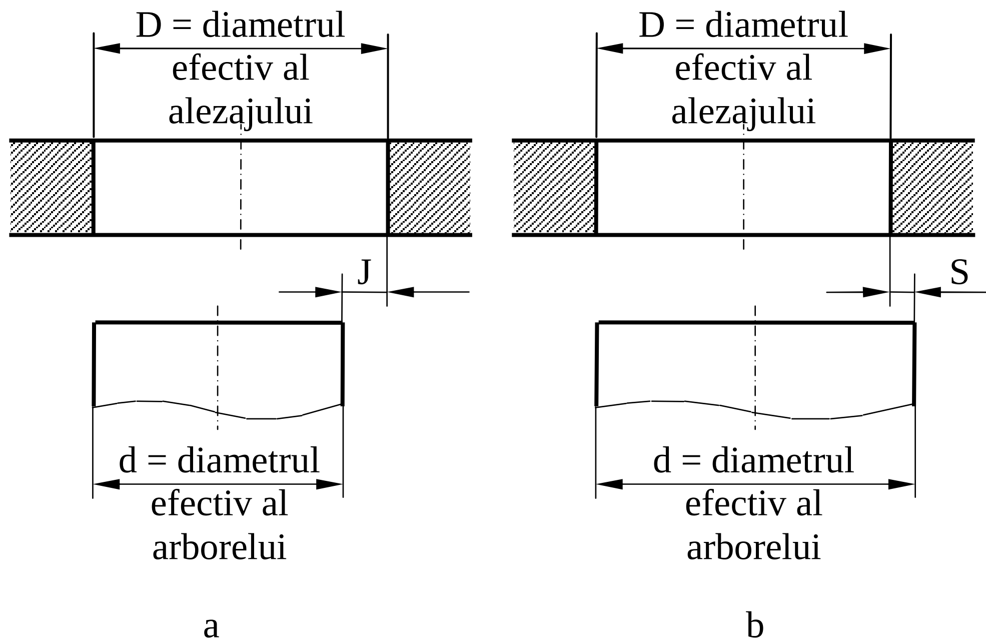


Figura 3.3. Tipuri de asamblări. a – cu joc; b – cu strângere.

În funcție de dimensiunile limită ale alezajului şi arborelui se disting două valori limită ale jocului:

$$\begin{aligned} J_{max} &= D_{max} - d_{min} = A_s - a_i \\ J_{min} &= D_{min} - d_{max} = A_i - a_s \end{aligned} \tag{3.6}$$

Toleranța jocului $T_j = J_{max} - J_{min} = T + t$

– Strângerea S (figura 3.3.b) este diferența dintre diametrul efectiv al arborelui şi diametrul efectiv al alezajului, când primul este mai mare ca al doilea:

$$S = d - D \tag{3.7}$$

Ca şi la joc, pentru strângere se disting două valori limită:

$$\begin{aligned} S_{max} &= d_{max} - D_{min} = a_s + A_i \\ S_{min} &= d_{min} - D_{max} = a_i + A_s \end{aligned} \tag{3.8}$$

Toleranța strângerii $T_s = S_{max} - S_{min} = T + t$

– Ajutajul este raportul în care se găsesc două piese montate una în alta, din punctul de vedere al jocului sau al strângerii.

Există trei tipuri de ajustaje:

– ajustaje cu joc, la care diametrul oricărui alezaj este mai mare decât diametrul oricărui arbore (figura 3.4.a)

– ajustaje cu strângere, la care diametrul oricărui arbore este mai mare decât diametrul oricărui alezaj (figura 3.4.b)

– ajustaje intermediare, la care pot rezulta atât asamblări cu joc cât şi asamblări cu strângere (figura 3.4.c)

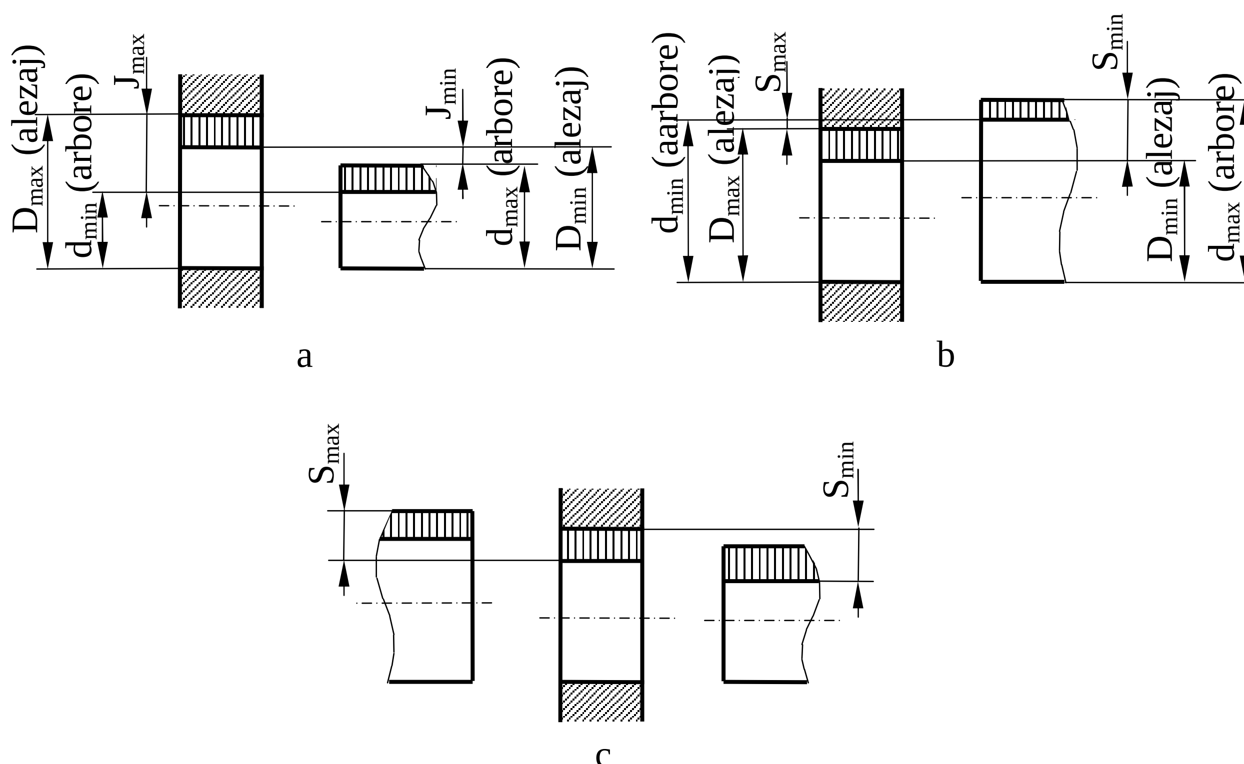


Figura 3.4. Tipuri de ajustaje: a) cu joc; b) cu strângere; c) intermediere.

În toate sistemele de toleranțe există două sisteme de ajustaje:

a) **Sistemul de ajustaj cu alezaj unitar**, (figura 3.5.a) presupune asamblările realizate cu alezaje al căror câmp de toleranțe este tangent la linia de referință, (linia zero) cu abaterea sa inferioară, $A_{iD} = 0$ şi abaterea superioară $A_{sD} = T_D$, unde T_D este toleranța alezajului, diferitele grupe şi feluri de ajustaje, obținându-se prin amplasarea convenabilă a câmpului de toleranță al piesei neunitare.

b) **Sistemul de ajustaje cu arbore unitar** (figura 3.5.b), presupune asamblările realizate cu arbori având câmpurile de toleranță tangente la linia de referință cu abaterea lor superioară, $A_{sd} = 0$ şi abaterea inferioară $A_{id} = T_d$, unde T_d este toleranța arborelui, diferitele feluri şi grupe de ajustaje realizându-se prin amplasarea convenabilă a câmpului de toleranță al piesei de reunitare.

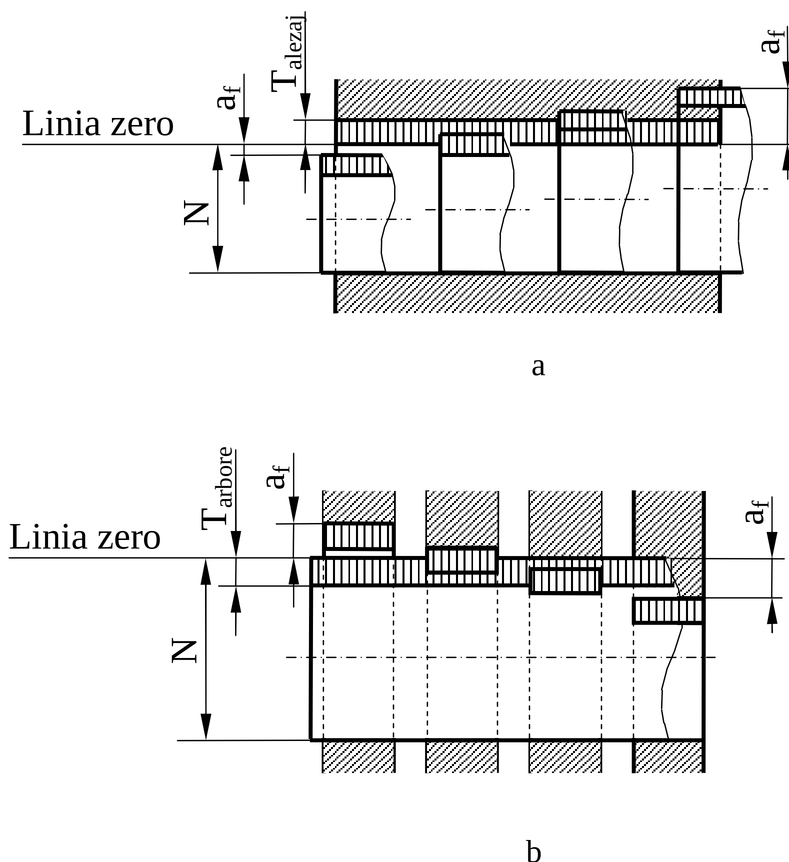


Figura 3.5. Sisteme de ajustaje: a) sistemul alezaj unitar; b) sistemul arbore unitar.

Linia zero în reprezentări este linia de referință față de care se măsoară abaterile: poziția ei este determinată de dimensiunea nominală N.

Conform definițiilor sistemelor de ajustaje, rezultă că piesa unitară are întotdeauna o abatere egală cu zero, tangentă la linia de referință, iar cealaltă abatere egală cu toleranța respectivei piese, pe când piesa neunitară are o abatere egală cu abaterea fundamentală a_j (vezi figura 3.5) iar cealaltă abatere egală cu suma algebrică dintre abaterea fundamentală şi toleranța piesei neunitare.

Abaterea fundamentală poate fi pozitivă sau negativă, valoarea şi determinând tipul ajustajului (cu joc, intermediar sau cu strângere).

Alegerea unuia sau altuia dintre cele două sisteme de ajustaje depinde de următoarele elemente:

– felul produselor executate;
– posibilitatea de prelucrare ale uzinei;
– tipul de producție (de serie sau individuală).

În general, în practică, cel mai utilizat este sistemul cu alezaj unitar, deoarece arborii se execută mai uşor decât alezajele. Sistemul cu arbore unitar se utilizează mai rar, spre exemplu la prelucrarea locaşurilor în care se montează rulmenții.

Sistemul ISO (International Organization for Standardization) prevede 28 de poziții ale câmpurilor de toleranță față de linia zero, având ca simboluri literele mari A, B, C, ..., Z pentru alezaje şi litere mici a, b, c, ..., z pentru arbori.

În figura 3.6 şi tabelul 3.1 sunt reprezentate atât simbolizarea şi pozițiilor câmpurilor de toleranță, cât şi repartizarea lor pe tipuri de ajustaje.

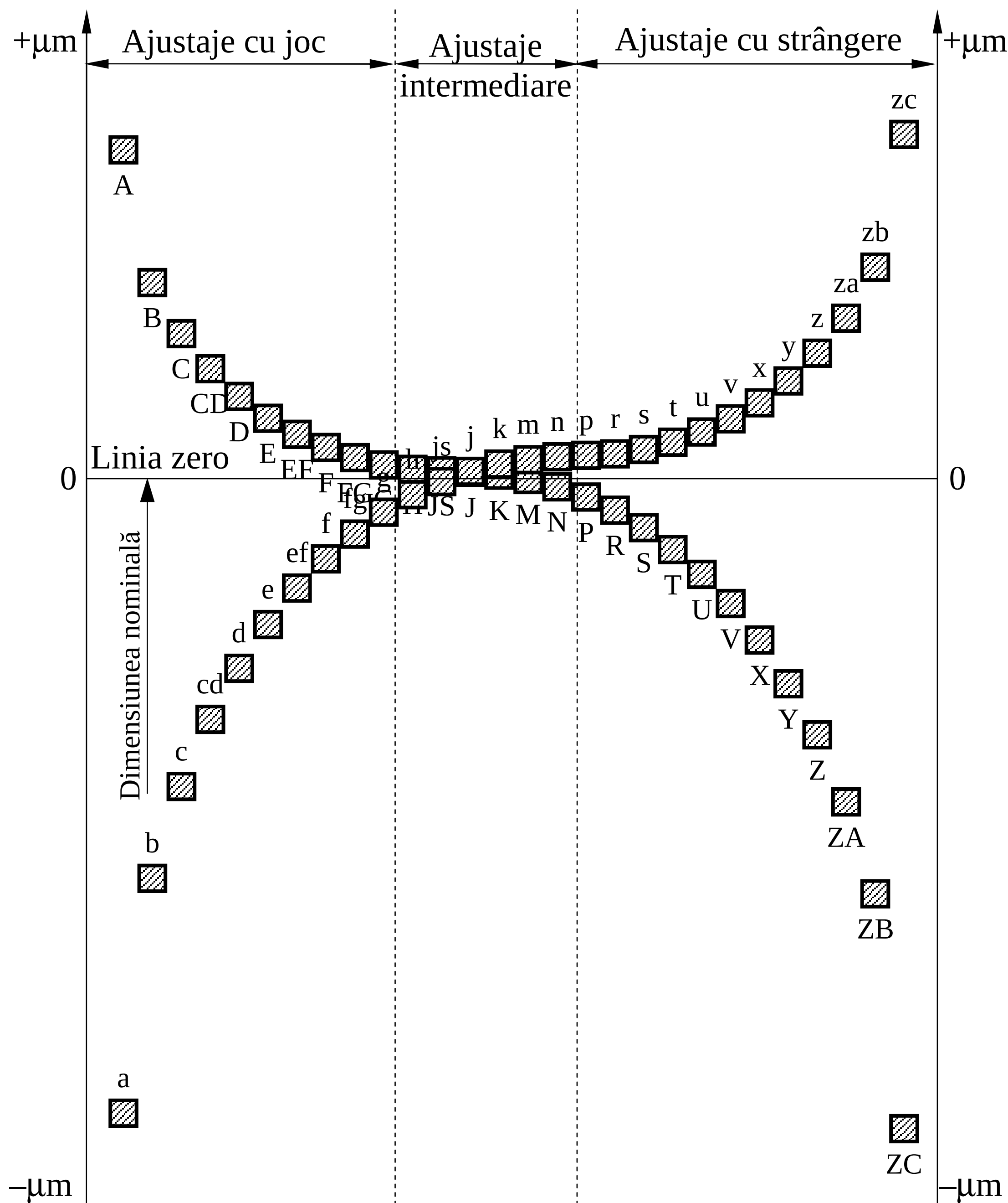


Figura 3.6. Pozițiile câmpurilor de toleranță şi repartizarea lor pe timpuri de ajustaje: a) alezaje; b) arbori

Tabelul 3.1. Simbolizarea pozițiilor câmpurilor de toleranță

Alezaje	A	B	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	JS	J	K	M	N	P	R	S	T	U	V	X	Z	ZA	ZC
Arbori	a	b	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	js	j	k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	za	zb	zc
Ajustaje	cu joc											intermediare							cu strângere							

În tabelul 3.2. sunt date relațiile pentru calculul abaterilor fundamentale ale arborilor din grupa de diametre de la 1-500 mm, corespunzător pozițiilor câmpurilor de toleranță date în tabelul 3.1.

Pe baza celor arătate, inscripționarea ajustajelor se realizează astfel:

a) Dacă piesa unitară este alezajul, simbolul sistemului de ajustaj este „H“, care se scrie deasupra liniei ce urmează mărimii cotei, iar sub linie se trece simbolul câmpului de toleranță al arborelui. Exemplu $\varnothing 20\frac{H7}{c6}$.

Clasele de precizie se trec sub formă cifrică, după literele care simbolizează pozițiile câmpurilor de toleranță.

Alte exemple de inscripționare a ajustajelor cu alezaj unitar (vezi tabelul 3.5): $\varnothing 20\frac{H7}{c6}$ – ajustaj cu strângere; $\varnothing 35\frac{H8}{jc8}$ – ajustaj intermediar; $\varnothing 105\frac{H5}{sc5}$ – ajustaj cu strângere.

b) Dacă piesa unitară este arborele, simbolul ajustajului este „h“, care se scrie sub linia ce urmează cotei.

Exemple: $\varnothing 180\frac{EF8}{h9}$ – ajustaj cu joc; $\varnothing 120\frac{E7}{h7}$ – ajustaj intermediar; $\varnothing 100\frac{ZA11}{h11}$ – ajustaj cu strângere.

S-a arătat că toleranța unei piese se stabilește ținându-se seama de factorul funcțional, alegându-se valoarea maximă a toleranței care asigură funcționarea piesei în bune condițiuni.

În figura 3.7. se prezintă modul de variație a preciziei de execuție, în μm, funcție de dimensiunile arborelui, în $\sqrt[3]{mm}$.

Conform figurii 3.7. toleranța unei dimensiuni se poate calcula cu relația:

$$T_{D,d} = tg\,\alpha \sqrt[3]{D,d} \ [\mu m] \tag{3.9}$$

în care: $T_{D,d}$ este toleranța dimensiunii D sau d, în μm, $tg\,\alpha$ este coeficientul unghiurilor dreptei considerate din diagramă, depinzând de felul şi tipul prelucrării.

Tabelul 3.2. Abaterile fundamentale în μm pemtru ∅ = 1-500 mm

Dimensiuni	Arbore	Formula
până la 120	a	$a_s = -(263 + 1{,}3\ D)$
până la 120		$a_s = -3{,}5\ D$
până la 160	b	$a_s = -(140 + 0{,}85\ D)$
peste 160		$a_s = -1{,}8\ D$
până la 40	c	$a_s = -5{,}2\ D^{0,2}$
de la 1-500	cd	a_s = media geometrică a abaterilor a_s pentru aşezările c şi d
	d	$a_s = -16\ D^{0,44}$
	e	$a_s = -11\ D^{0,41}$
	ef	a_s = media geometrică a abaterilor a_s pentru aşezările e şi f
	f	$a_s = -5{,}5\ D^{0,41}$
	fg	a_s = media geometrică a abaterilor a_s pentru aşezările f şi g
	g	$a_s = -2{,}5\ D$
	h	$a_s = 0$
	j5 al j7	fără formulă
	j8 la j16	$a_s = -0{,}5\ IT$
	calități până la k3 şi de la k8	$a_s = +IT/2$; $a_j = -IT/2$
		$a_j = 0$
	k4 la k7	$a_j = 0{,}6\ \sqrt[3]{D}$
	m	$a_j = +2{,}8\ \sqrt[3]{D}$ (I7 – IT6)
	n	$a_j = 5\ D^{0,34}$
	p	$a_j = +(IT7 + 0$ la $5)$
	r	a_j = media geometrică a abaterilor a_j pentru aşezările p şi s
până la 50	s	$a_j = +(IT8 + 1$ la $4)$
peste 50		$a_j = +(IT7 + 0{,}4\ D)$
	t	$a_j = +(IT + 0{,}63\ D)$
	u	$a_j = +(IT + 1{,}0\ D)$
	v	$a_j = +(IT + 1{,}25\ D)$
	x	$a_j = +(IT + 1{,}6\ D)$
	y	$a_j = +(IT + 2{,}0\ D)$
de la 1 la 500	z	$a_j = +(IT + 2{,}5\ D)$
	z_a	$a_j = +(IT + 3{,}15\ D)$
	z_b	$a_j = +(IT + 4\ D)$
	z_c	$a_j = +(IT + 5\ D)$

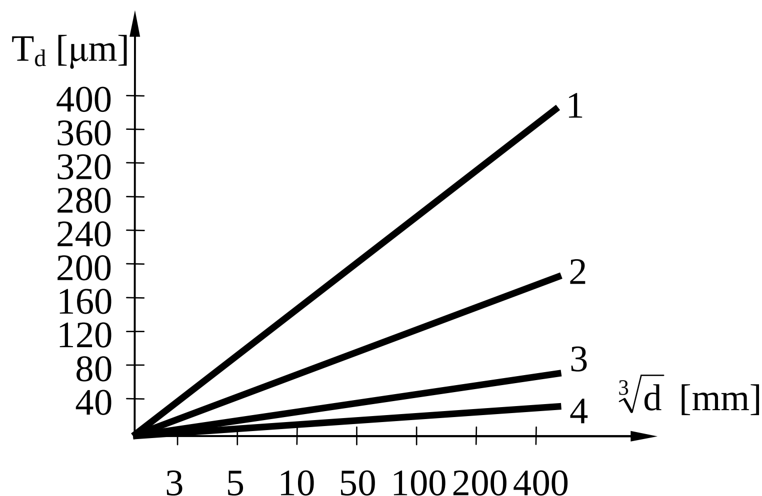


Figura 3.7. Precizia diferitelor prelucrări
1. Găurire de precizie; 2. Alezare de precizie;
3. Rectificare de precizie; 4. Strunjire cu diamant.

Scriem relația (3.9) sub forma:

$$T_d = \frac{\text{tg}\,\alpha}{x} \cdot x\sqrt[3]{d} = c_x \cdot i \qquad (3.10)$$

unde: x – numărul de ordine al clasei de precizie;

$i = x\sqrt[3]{d}$ – unitatea de toleranță;

$C_x = \dfrac{\text{tg}\,\alpha}{x}$ – numărul unităților de toleranță.

Mărimea câmpului de toleranță se mai notează cu ITx şi este:

$$\text{ITx} = \text{Cx.i} \qquad (3.11)$$

Valoarea unităților de toleranță în sistemul ISO pentru diametre:

$1 < \varnothing < 500$ mm, este:

$$i = 0{,}45\sqrt[3]{\varnothing} + 0{,}001 \cdot \varnothing \;\; [\mu m] \qquad (3.12)$$

Intervalul de diametre de la 1...500 mm, este împărțit în 13 grupe, prezentate în tabelul 3.3.

La calculul lui „i“ diametrele se consideră nu la valoarea lor nominală, ci la media aritmetică sau geometrică a celor două limite de interval în care se încadrează cota nominală.

Dacă diametrul nominal coincide cu o limită, diametrul de calcul al unității de toleranță se calculează făcând media cu limita inferioară. În tabelul 3.4., pentru clasele de precizie normale 5-16, se indică numărul unităților de toleranță C_x.

Tabelul 3.3. Intervale principale la diametre de la 1-500 mm

Nr. crt.	Intervalul de diametre nominale [mm]	Nr. crt.	Intervalul de diametre nominale [mm]
1.	până la 3	8.	între 80 şi 120
2.	între 3 şi 6	9.	între 120 şi 180
3.	între 6 şi 10	10.	între 180 şi 250
4.	între 10 şi 18	11.	între 250 şi 315
5.	între 18 şi 30	12.	între 315 şi 400
6.	între 30 şi 50	13.	între 400 şi 500
7.	între 50 şi 80		

Tabelul 3.4.Numărul unităților de toleranță

Clasa de precizie	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Numărul unităților de toleranță	7	10	16	25	40	64	100	160	250	400	640	1000

Pentru a exemplifica cele prezentate în acest capitol vă prezint următoarele **aplicații practice**:

A. Să se calculeze mărimea câmpului de toleranță pentru un arbore de diametru $\varnothing$ = 110 mm, executat în clasele de precizie IT6, respectiv IT10.

Conform relației (3.11) şi tabelelor 3.3. şi 3.4. avem:

– diametrul de calcul: $\varnothing = \frac{80+120}{2} = 100$ mm

– numărul unităților de toleranță $C_6 = 10$; $C_{10} = 64$

– câmpul de toleranță $IT6 = C_6 \cdot i = 10\,(0{,}45\sqrt[3]{100} + 0{,}001 \cdot 100) = 10{,}2 \cdot 2 = 22$ µm

$IT10 = C_{10} \cdot i = 64 \cdot 2{,}2 = 140$ µm

B. Să se calculeze abaterile ajustajului $\varnothing 50 \frac{H7}{m6}$

Indicele H ne arată că ajustajul este cu alezaj unitar, iar indicele m ne arată că este un ajustaj intermediar.

Ca urmare, abaterile piesei unitare (alezajului) sunt:

– Abaterea inferioară: $A_{iD} = 0$

– Abaterea superioară: $A_{mD} = IT7 = 16\,(0{,}45\sqrt[3]{40} + 0{,}001 \cdot 40) = 25$ µm

S-a avut în vedere că diametrul de calcul, conform tabelului 3.5 este: $\varnothing = \frac{50+30}{2} = 40$ mm, iar numărul unităților de toleranță, conform tabelei 3.4 este $C_7 = 16$.

Abaterile piesei neunitare (arborelui) sunt:

– Abaterea inferioară, egală cu abaterea fundamentală, conform tabelului 3.8, este:

$A_{id} = A_f - 2{,}8\sqrt[3]{50} = 10\ \mu m$

– Abaterea superioară este suma între abaterea fundamentală şi câmpul de toleranță:

$A_{sd} = A_f + IT6 = 10 + 10(0{,}45\sqrt[3]{40} + 0{,}001 \cdot 40) = 26\ \mu m$

Inscripționarea pe desen a acestui ajustaj este redată în figura 3.8.

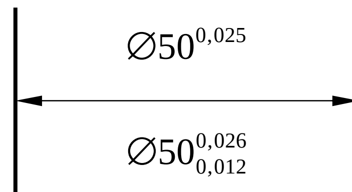


Figura 3.8. Inscripționarea ajustajului $\varnothing 50\frac{H7}{m6}$

C. Să se calculeze abaterile ajustajului $\varnothing 180\frac{H7}{b8}$

Procedându-se ca la exemplul nr.2, se obține:

$A_{iD} = 0$; $A_{sd} = A_f = -324\ \mu m$

$A_{sS} = 40\ \mu m$; $A_{is} = -386\ \mu m$.

D. Să se calculeze şi să inscripționeze pe desen abaterile ajustajului $\varnothing 140\frac{H7}{g6}$

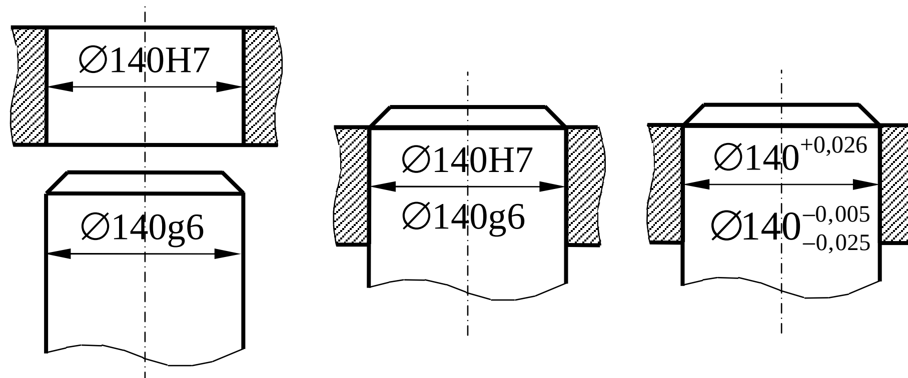


Figura 3.9. Inscripționarea ajustajului $\varnothing 140\frac{H7}{g6}$

Asemănător se pot calcula, în condițiile specificate, orice tipuri de ajustaje.

3.2. Lanțuri de dimensiuni

Lanțurile de dimensiuni sunt o succesiune anumită de cote care formează un contur închis. Aceste cote pot defini distanțe dintre suprafețe, diametre, distanțe dintre axe şi suprafețe, sau oricare alte dimensiuni constructive sau montaj ale unei piese.

Se disting:

– lanțuri de dimensiuni ale piesei considerată individual (fig. 3.10.a)

– lanțuri de dimensiuni de asamblare (fig. 3.10.b).

Orice lanț de dimensiuni este format din:

– dimensiuni componente: L_1, L_2, ..., L_n;

– dimensiunile de închidere L_0.

După felul cum se comportă față de dimensiunea de închidere L_0, dimensiunile componente L_1, L_2, ..., L_n se clasifică în:

– dimensiuni componente măritoare , L_n, cu a căror creştere se realizează şi creşterea lui L_0;

– dimensiuni componente reducătoare, L_r, prin creşterea cărora L_0 se reduce.

În figura 3.10, L_1 este dimensiunea componentă măritoare L_2, L_3, L_4 sunt dimensiuni componente reducătoare.

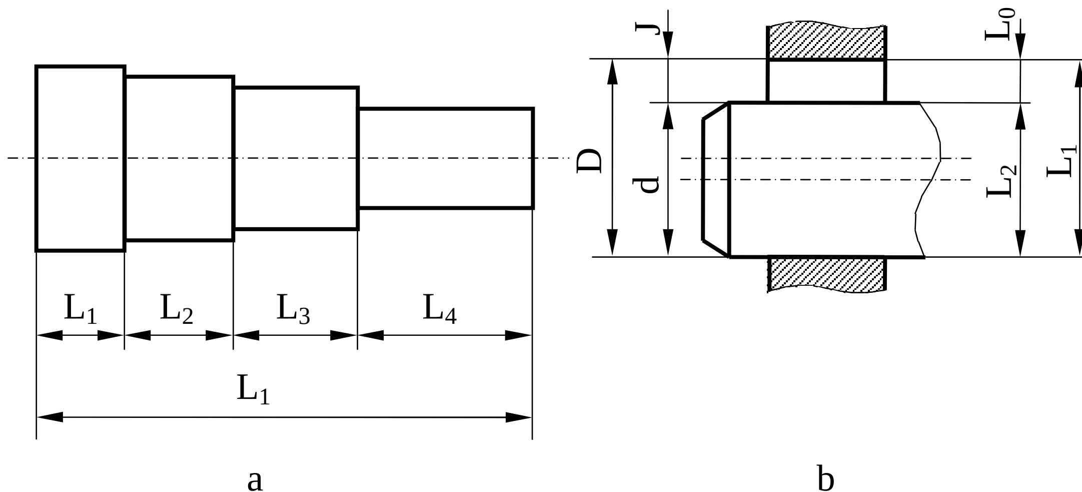


Figura 3.10. Lanțuri de dimensiuni

a) Lanț de dimensiuni pentru o piesă

b) Lanț de dimensiuni pentru un ansamblu

Ecuația lanțului de dimensiuni este următoarea:

$$L_{1m} + ... + L_{jm} – (L_{(j+1)r} + ... + L_{nr}) – L_0 = 0 \qquad (3.13)$$

respectiv

$$L_0 = \sum_{i=1}^{j} L_{im} - \sum_{i=j+1}^{n} L_{ir} \qquad (3.14)$$

Se impune rezolvarea următoarelor două tipuri de probleme:

a) Cunoscându-se dimensiunile componente $L_1...L_n$ precum şi abaterile şi toleranțele acestora (A_{s1}, A_{i1}), (A_{s2}, A_{i2}), ... (A_{sn}, A_{in}), respectiv T_1, ..., T_n, să se determine mărimea dimensiunii de închidere, toleranța acesteia, şi abaterile dimensiunii de închidere (L_0, T_0, A_{s0}, A_{i0}).

b) Cunoscându-se toleranța dimensiunii de închidere, T_0 impusă de precizia funcțională a aparatului, să se determine toleranțele dimensiunilor componente T_1, T_2, ..., T_n, astfel ca relația lanțului de dimensiune să fie îndeplinită.

Deoarece lungimile elementelor componente sunt tolerate, ele sunt exprimate între o valoare maximă ($L_{1\,max}$, $L_{2\,max}$, ..., $L_{n\,max}$) şi una minimă ($L_{1\,min}$, $L_{2\,min}$, ..., $L_{n\,min}$). Pentru fiecare dimensiune avem realația:

$$\begin{aligned} &T_1 = L_{1\,max} - L_{1\,min} \\ &... \\ &T_n = L_{n\,max} - L_{n\,min} \\ &T_0 = L_{0\,max} - L_{0\,min} \end{aligned} \tag{3.15}$$

Din relațiile (3.21) şi (3.22) rezultă:

$$\begin{aligned} L_{0\,max} &= \sum_{i=1}^{j} L_{i_m\,max} - \sum_{i=j+1}^{n} L_{i_r\,min} \\ L_{0\,min} &= \sum_{i=1}^{j} L_{i_m\,min} - \sum_{i=j+1}^{n} L_{i_r\,max} \end{aligned} \tag{3.16}$$

respectiv:

$$T_0 = L_{0\,max} - L_{0\,min} = \sum_{i=1}^{n} T_i \tag{3.17}$$

Pentru calculul abaterilor elementelor de închidere se pleacă de la definiția abaterilor:

$$\begin{aligned} A_{s_0} &= L_{0\,max} - L_0 = \sum_{1}^{j} L_{i_m\,max} - \sum_{j+1}^{n} L_{i_r\,min} - \sum_{1}^{j} L_{i_m} - \sum_{j+1}^{n} L_{i_r} \\ A_{i_0} &= L_{0\,min} - L_0 = \sum_{1}^{j} L_{i_m\,min} - \sum_{j+1}^{n} L_{i_r\,max} - \sum_{1}^{j} L_{i_m} - \sum_{j+1}^{n} L_{i_r} \end{aligned} \tag{3.18}$$

Obținându-se:

$$\begin{aligned} A_{s_0} &= \sum_{i=1}^{j} A_{s(i)m} - \sum_{j+1}^{n} A_{i(i)r} \\ A_{i_0} &= \sum_{1}^{j} A_{i(i)m} - \sum_{j+1}^{n} A_{s(i)r} \end{aligned} \tag{3.19}$$

Relația (3.24) conduce la importanta concluzie referitoare la faptul că toleranța dimensiunii de închidere este suma toleranțelor dimensiunilor componente.

Rezultă că alegerea toleranțelor care asigură funcționalitatea piesei sau ansamblului trebuie făcută cu respectarea legăturii date de relația (3.17).

Pentru determinarea toleranței elementelor componente, cunoscând toleranța dimensiunii de închidere, T_0, se pleacă de la relația (3.17) scrisă astfel:

$$C_0 i_0 = C_{x_1} i_1 + C_{x_2} i_2 + \ldots + C_{x_n} i_n \qquad (3.20)$$

Se admite inițial că toate elementele componente ale lanțului de dimensiuni sunt în aceeaşi clasă de precizie.

$$C_{x_0} = C_{x_1} = C_{x_2} = C_{x_3} = \ldots = C_{x_n}$$

$$i_0 = i_1 + i_2 + \ldots + i_n = \sum_1^n i_i \qquad (3.21)$$

putându-se calcula clasa de precizie, considerată aceeaşi pentru toate dimensiunile componente:

$$C_x = \frac{T_0}{i_0} \qquad (3.22)$$

Clasei de precizie C_x astfel calculată i se aduc o serie de corecții, care țin cont de clasele de precizie admis, de precizia proprie a fiecărei dimensiuni şi altele.

3.3. Calitatea suprafețelor prelucrate

Prin utilizarea diferitelor procedee de prelucrare mecanică, de degroşare, finisare sau superfinisare, se obțin suprafețe cu asperități având caracteristici geometrice specifice; în acelaşi timp parametrii fizico-mecanici ai stratului superficial diferă de cei ai materialului de bază. Aşadar, calitate stratului superficial este o caracteristică complexă ce cuprinde atât parametrii geometrici, starea geometrică, cât şi proprietățile fizico-mecanice şi chimice ale stratului.

Conform STAS 5740/1-75 abaterile geometrice se grupează în: abateri de formă (de ordinul 1), ondulații (abateri de ordinul 2) şi rugozitatea (abateri de ordinul 3 şi 4), toate fiind prezentate în figura 3.11.

Caracteristicile stratului superficial influențează în mod hotărâtor asupra comportării în exploatare a piesei noi sau recondiționate. În prezent nu există criterii generale pentru aprecierea calității stratului superficial, ci doar rezolvări parțiale. Astfel, sunt standardizate micro-geometria sau rugozitatea suprafețelor, direcția urmelor de prelucrare mecanică şi abaterile micro-geometrice ale formei, înscrise pe desenele de execuție ale pieselor.

Rugozitatea suprafeței, care reprezintă ansamblul micro-neregularităților care formează relieful suprafeței reale obținute prin prelucrare se defineşte, convențional, în limitele unei secțiuni transversale, ideal, fără abateri de formă şi fără ondulații.

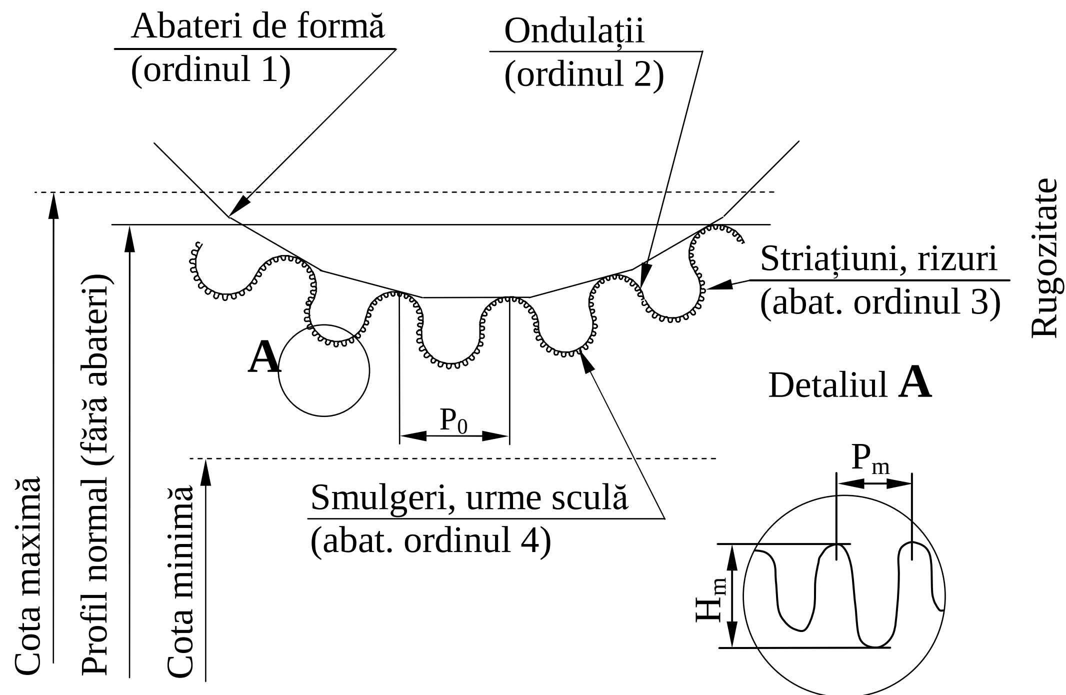


Figura 3.11. Abaterile formei suprafeței

Tabelul 3.5. Parametrii ce caracterizează stratul superficial

Grupe de caracteristici	Denumirea caracteristicii	Simbolul	Cauzele apariției erorilor
Caracteristici geometrice ale suprafeței exterioare	Macro-neregularități		Deformații şi erori la prelucrarea mecanică. Reprezintă 30-50% din toleranță
	Ondulații	H_0	Vibrațiile $0{,}001 < H_0/p_0 < 0{,}02$
	Rugozitate	R_0, R_z, R_{max}	Acțiunea sculei aşchietoare asupra suprafeței prelucrate: $0{,}02 < H_m/p_m < 1$
Caracteristici fizico-mecanice ale stratului superficial	Intensitatea ecruisării stratului superficial		Deformația plastică în timpul aşchierii
	Structura stratului superficial		Transformări fizice şi structurale determinate de efectele termice la aşchiere
	Tensiunile interioare remanente		Ecruisări sau transformări structurale neuniforme

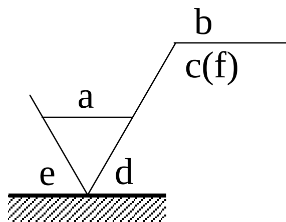
Conform STAS 5730/1/2/3-75 rugozitatea se determină cu nul din parametrii: abaterea media aritmetică a profilului, R_a; rugozitatea medie măsurată în zece puncte, R_z; înălțimea maximă a neregularităților, R_{max}..

Valorile preferențiale pentru R_a, R_z, pentru o lungime de referință 1 sunt date în tabelul 3.6.

Tabelul 3.6. Valorile preferențiale ale lui R_a şi R_z

Lungimea de referință [μm]	R_a [μm]	R_z [μm]
0,08	0,013	0,063
	0,025	0,125
0,25	0,05	0,25
	0,1	0,5
	0,2	1
	0,4	2
0,8	0,8	4
	1,6	8
2,5	3,2	12,5
	6,3	25
	12,5	50
	25	100
	50	200
	100	400

Pe desenul de execuție al pieselor se trece semnul de notare al rugozității, a cărui formă generală este:



unde:
a – valoarea numerică în clasa R_a;
Dacă se utilizează alte clase de rugozitate (R_s sau R_{max}) se trece şi simbolul acestora.
b – procedeul tehnologic, tratamentul etc.;
c – valoarea numerică a lungimii de bază, dacă nu se utilizează cea standardizată;
d – simbolul notării orientării micro-neregularităților;
e – valoarea numerică a adaosului de prelucrare;
f – alți parametrii de prelucrare (dacă este cazul).

Se prezintă un exemplu concret de notare a rugozității (figura 3.12).

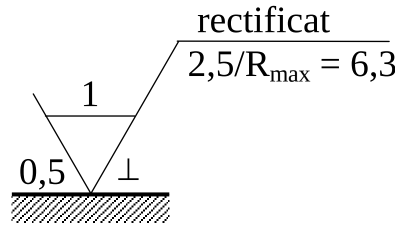


Figura 3.12. Exemplu de notare arugozității.

3.4. Definirea şi clasificarea suprafețelor de orientare

Poziția reciprocă corectă a două suprafețe se defineşte cu ajutorul bazelor, prin respectarea unor principii de orientare. Prin bază de înțelege totalitatea suprafețelor, liniilor sau punctelor piesei față de care se orientează alte piese sau suprafețe ale aceleiaşi piese, la prelucrare sau la măsurare.

Se definesc mai multe categorii de baze: constructive, de montare, tehnologice şi de măsurare.

Baza constructivă, reprezintă suprafețele, liniile sau punctele de care se proiectează (orientează) poziția altor elemente ale piesei sau altor piese ale subansamblului. Ea serveşte drept element de referință în calculele de rezistență, cinematice, sau la rezolvarea lanțurilor de dimensiuni.

Baza de cotare, reprezintă suprafața sau totalitatea suprafețelor care determină poziția piesei considerate față de alte piese ale ansamblului.

Baza de măsurare, reprezintă suprafețele, liniile sau punctele față de care se măsoară dimensiunile obținute prin prelucrare.

Baza tehnologică, reprezintă suprafețele, liniile sau punctele care determină poziția semifabricatului față de tăişul sculei, al operația care se execută. Cu ajutorul bazei tehnologice se asigură orientarea precisă a semifabricatului pentru a obține poziția corectă. Ca baze tehnologice se pot folosi suprafețe prelucrate sau neprelucrate. De asemenea, în funcție de rolul pe care îl au în piesa finită, bazele tehnologice pot fi principale sau auxiliare.

Semifabricatul de prelucrat, considerat ca solid rigid, în stare liberă are şase grade de libertate. Poziția lui se determină complet prin şase mărimi independente (coordonate).

În figura 3.12 se arată schema de orientare a unei piese de forma unui paralelipiped.

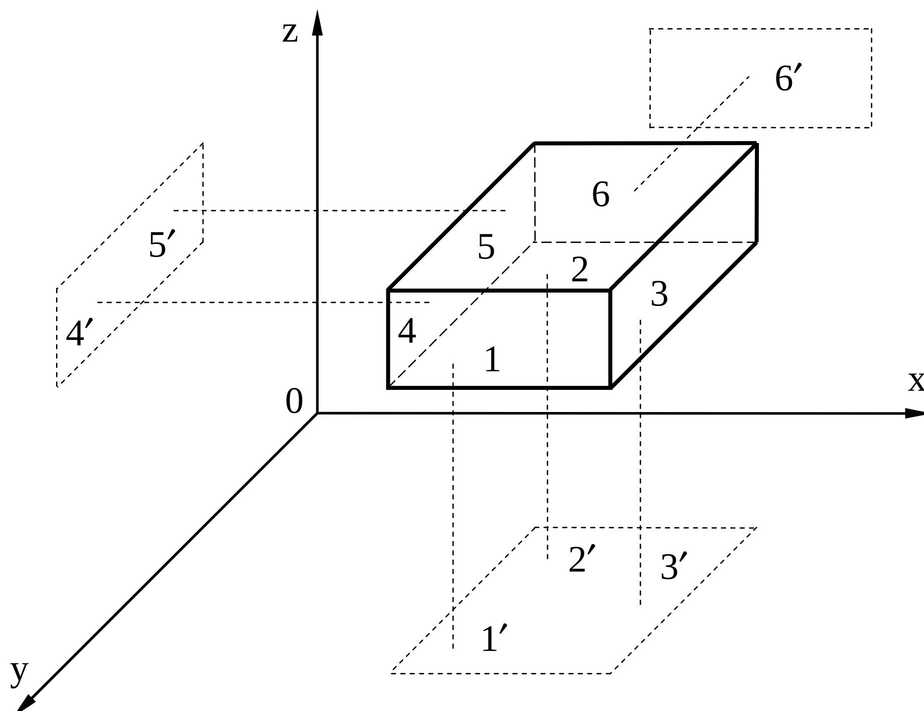


Figura 3.13. Poziția spațială a unui corp solid rigid.

Suprafața prin intermediul căreia piesa se aşează pe masa maşinii-unelte sau în dispozitiv, determinată prin punctele 1′, 2′, 3′, eliminând trei grade de libertate, determinând poziția semifabricatului față de planul x0y, se numeşte **bază tehnologică de aşezare**.

Suprafața care determină poziția semifabricatului prin două coordonate, materializată prin punctele 4′, 5′, cuprinse într-un plan perpendicular pe x0y – ghidând semifabricatul în lungul axei de coordonate, se numeşte **bază tehnologică de ghidare**, prin care se elimină semifabricatului două grade de libertate.

Suprafața care determină poziția semifabricatului printr-o singură coordonată, materializată prin punctul 6′, se numeşte **bază tehnologică de reazem**, luând semifabricatului ultimul grad de libertate.

Orientarea şi fixarea semifabricatelor în vederea prelucrării mecanice se poate realiza prin:

a) Aşezarea direct pe masa maşinii-unelte sau în dispozitiv universal, cu verificarea poziției semifabricatului față de masa maşinii unelte. Această metodă de aşezare necesită un timp îndelungat şi este specifică producției individuale şi de serie mică.

b) Aşezarea pe masa maşinii unelte după trasare, operația efectuată înainte de aşezare. Se trasează axele de simetrie, liniile care indică limitele de prelucrare.

Trasarea asigură semifabricatului adaosul de prelucrare suficient şi permite verificarea poziției semifabricatului. Operația de trasare necesită un volum mare de muncă şi calificare ridicată.

c) Aşezarea semifabricatelor în dispozitive, care au rolul de a orienta semifabricatul în poziție corectă față de scula aşchietoare şi apoi a-i asigura fixarea. Nu mai este necesară trasarea şi verificarea poziției semifabricatului. Asigură o precizie de prelucrare bună, timp redus pentru aşezare şi fixare. Cu ajutorul dispozitivelor se uşurează utilizarea unor regimuri de aşchiere mai intense, se micşorează timpii auxiliari şi se creează posibilități pentru mecanizarea şi automatizarea procesului de prelucrare mecanică.

3.5. Calculul erorilor de bazare

Nu întotdeauna este rațională utilizarea bazelor constructive ca baze de aşezare, deoarece complică constructiv dispozitivul de fixare a piesei, scumpind nejustificat costul acesteia.

Recurgându-se la folosirea bazelor tehnologice, se introduc însă erori numite „de bazare“, care se transmit nemijlocit asupra preciziei executării piesei.

a) Calculul cotei tehnologice

O importanță foarte mare o are corelația ce trebuie să existe între baza constructivă şi cea tehnologică, deoarece proiectantul cotează piesele pornind de la bazele constructive. Deoarece în decursul prelucrării bazele tehnologice devin şi baze de măsurare, se impune schimbarea bazei de cotare, care nu trebuie să conducă nici la micşorarea preciziei şi nici la mărirea acesteia.

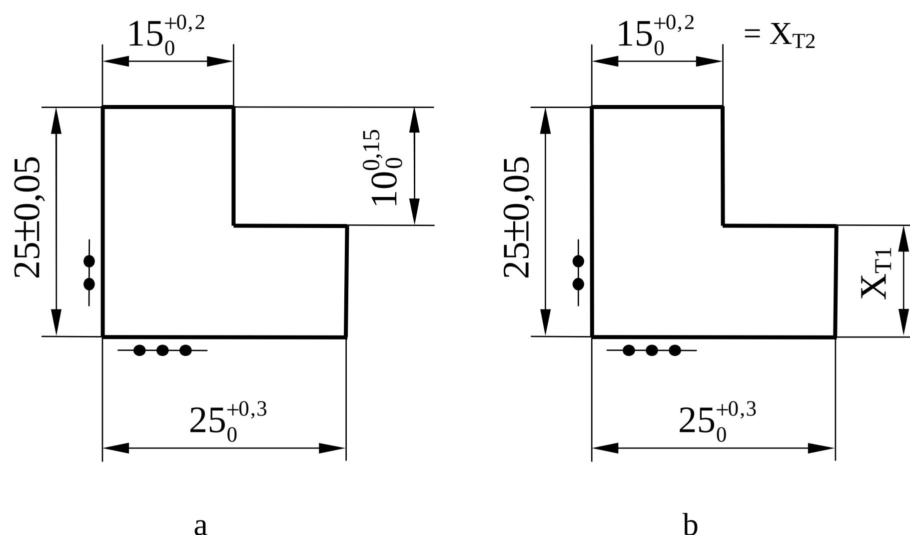


Figura 3.14. Exemplu de calcul a cotei tehnologice

În continuare se prezintă un exemplu de calcul al cotei tehnologice, atunci când aceasta nu se suprapune peste cota funcțională. În figura 3.14.a se prezintă cotarea funcțională a unei piese prismatice, iar în fig. 3.14.b cotarea tehnologică a aceleiaşi piese.

Cota funcțională este în acelaşi timp şi cota tehnologică X_{T_2}, deoarece bazele de cotare funcțională şi tehnologică se suprapun. Cota tehnologică X_{T_1} nu se mai suprapune cu cota funcțională $C_f = 10_{0}^{+0,15}$ şi în acest caz trebuie calculată.

Pentru calculul cotei tehnologice X_{T_1}, se aplică metoda de rezolvare a lanțurilor de dimensiuni.

$$10_{0}^{+0,15} = 25 \pm 0,05 - X_{T_1} \quad (3.23)$$

Între dimensiunile nominale scriem relația:

$$10 = 25 - N_x \quad (3.24)$$

De unde rezultă N_x = 15 mm

Relațiile între abateri sunt:

$$\begin{aligned} a_{10i}^{s} &= a_{25}^{s} - a_{x}^{i} \\ a^{10} &= a_{25}^{i} - a_{x}^{s} \end{aligned} \quad (3.25)$$

adică:

$$\begin{aligned} 0,15 &= \ \ 0,05 - a_{x}^{i} \\ 0 &= -0,05 - a_{x}^{s} \end{aligned} \quad (3.26)$$

de unde:

$$\begin{aligned} a_{x}^{i} &= -0,10 \text{ mm} \\ a_{x}^{s} &= -0,05 \text{ mm} \end{aligned} \quad (3.27)$$

Deci cota tehnologică X_{T_1} are valoarea:

$$X_{T_1} = 15_{-0,10}^{-0,05} \text{ mm} \quad (3.28)$$

Prin prescrierea acestei cote în schița operației şi realizarea ei rezultă cota funcțională $10_{0}^{+0,15}$ din figura 3.14.a.

b) Determinarea erorilor de orientare şi fixare admisibile

Eroarea de orientare admisibilă se determină din condiția ca eroarea totală de prelucrare să nu depăşească toleranța de dimensiune, ε_T, se consideră că este format din câmpul de dispersie al erorii de orientare, ε_b şi din câmpul de dispersie al tuturor celorlalte erori de prelucrare ce apar în timpul procesului de prelucrare mecanică, ε_0.

Eroarea totală de prelucrare, determină prin câmpul ei de dispersie, se stabileşte folosind metoda rădăcinii pătrate din suma pătratelor abaterilor elementare, funcție de forma curbei de distribuție.

În aceste condiții:

$$\varepsilon_T = \sqrt{K_b^2 \varepsilon_b^2 + K_0^2 \varepsilon_0^2} \quad (3.29)$$

în care:
K_b = coeficientul dispersiei relative a distribuției erorilor de orinetare;
K_0 = coeficientul dispersiei relative al celorlalte erori ce apar la prelucrarea mecanică.

Dacă în calculul erorii totale de prelucrare se iau în considerare şi erorile constante, cum ar fi: deplasarea centrului abaterilor şi erorile constante, cum ar fi: deplasarea centrului abaterilor ca urmare a reglajului efectuat (η), eroarea dimensională provocată de abaterile de la forma geometrică a suprafeței prelucrate (γ), eroarea totală de prelucrare va fi:

$$e_T = \sqrt{K_b^2 \varepsilon_b^2 + K_0^2 \varepsilon_0^2} + \eta + \gamma \quad (3.30)$$

Punând condiția stabilită inițial, după care eroarea totală de prelucrare nu trebuie să depăşească toleranța la dimensiune, T:

$$T \geq \sqrt{K_b^2 \varepsilon_b^2 + K_0^2 \varepsilon_0^2} + \eta + \gamma \quad (3.31)$$

De aici, se stabileşte că eroarea de orientare admisibilă este:

$$\varepsilon_{ba} = \sqrt{\frac{(T - \eta - \gamma)^2 - K_0^2 \varepsilon_0^2}{K_b}} \quad (3.32)$$

Dacă se consideră că forma curbelor de distribuție este identică, $K_b = K_0 = 1$ şi că erorile dimensionale provocate de abaterile de la forma geometrică a suprafeței de prelucrare se găsesc la limita de toleranță, $\gamma = 0$, atunci:

$$\varepsilon_{ba} = \sqrt{(T - \eta)^2 - \varepsilon_0^2} \quad (3.33)$$

În practică, cu suficientă precizie, se calculează:

$$\varepsilon_{ba} = T - \eta \quad (3.34)$$

în care:
T – toleranța dimensiunii de obținut în urma prelucrărilor mecanice;
η – mărimea economică a erorii de prelucrare obținută la o operație tehnologică similară (în lipsa altor date se poate considera că η = precizia economică medie)

Pentru ca schema de orientare să fie acceptată este necesară să se satisfacă condiția:

$$\varepsilon_{br} \leq \varepsilon_{ba} \quad (3.35)$$

în care:
ε_{br} – eroarea de orientare reală, stabilită funcție de schema de orientare.

Se consideră o schemă generală de orientare (figura 3.15).

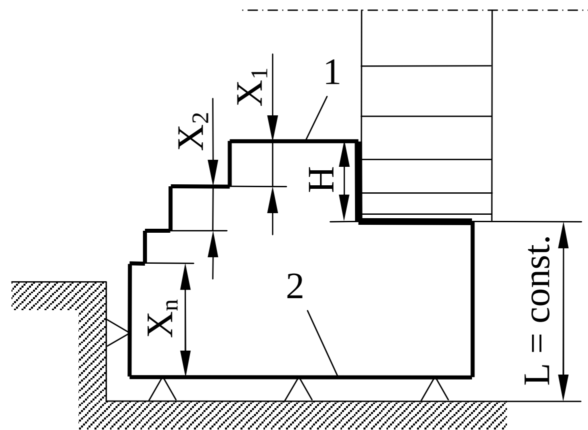


Figura 3.15. Schema teoretică de orientare

După prelucrare, trebuie să rezulte dimensiunea H, prelucrarea efectuându-se pe un sistem tehnologic reglat în prealabil, L = ct. În această situație, suprafața plană (1) reprezintă baza de măsurare, iar suprafața plană (2) baza de aşezare.

Poziția bazei de măsurare în raport cu baza tehnologică de aşezare, pentru obținerea dimensiunii H, depinde de dimensiunile X_1, X_2, X_3, ..., X_n şi de dimensiunea constantă L, care poate să fie formată din mai multe constante A, B, ..., N. Se poate scrie:

$$H = f(x_1, x_2, ..., x_n, \; A, B, ..., N) \tag{3.36}$$

Eroarea de orientare se determină ca diferență totală a funcției, astfel:

$$dH = \frac{\partial f}{\partial x_1} \cdot dx_1 + \frac{\partial f}{\partial x_2} \cdot dx_2 + ... + \frac{\partial f}{\partial x_n} \cdot dx_n \tag{3.37}$$

Rezultă că precizia orientării depinde de precizia dimensiunilor care leagă baza de măsurare tehnologică de aşezare, deci de vectorul de legătură dintre cele două baze tehnologice.

Pentru aceasta, ca regulă generală:

– se determină vectorul de legătură între baza de măsurare şi baza de aşezare:

$$L = f(x_1, x_2, ..., x_n) \tag{3.38}$$

– se face diferențiala totală a funcției vectorului de legătură, la care mărimile diferențiale se înlocuiesc prin creşteri finite:

$$\Delta L = \frac{\partial f}{\partial x_1} \cdot \Delta x_1 + \frac{\partial f}{\partial x_2} \cdot \Delta x_2 + ... + \frac{\partial f}{\partial x_n} \cdot \Delta x_n \tag{3.39}$$

Această relație e valabilă pentru prelucrarea unui semifabricat. Pentru prelucrarea unui lot de piese trebuie să se țină seama de câmpurile de împrăştiere pentru fiecare dimensiune, prin coeficientul dispersiei relative şi de abaterea admisibilă a fiecărei dimensiuni, care este toleranța ei. Eroarea de orientare reală se determină aplicând metoda rădăcini pătrate din suma pătratelor abaterilor:

$$\varepsilon_{br} = \sqrt{K_1^2\left(\frac{\partial f}{\partial x_1}\right)^2 T_1^2 + ... + K_n^2\left(\frac{\partial f}{\partial x_n}\right)^2 T_n^2} \qquad (3.40)$$

în care:

$T_1, T_2, ..., T_n$ = toleranța dimensiunilor $x_1, x_2, ..., x_n$ care leagă cele două baze tehnologice; $K_1, K_2, ..., K_n$ = coeficienții dispersiei relative.

Dacă se consideră $K_1 = K_2 = ... K_n = K$

$$\varepsilon_{br} = K\sqrt{\sum_{i=1}^{h}\left(\frac{\partial f}{\partial x_i}\right)^2 \cdot T_i^2} \qquad (3.41)$$

relația care stabileşte erorile de orientare reale.

Erorile de fixare depind de schema de orientare a semifabricatului, de sistemul de prindere în dispozitiv, de mărimea, direcția, sensul şi punctul de aplicație a eforturilor de fixare, erorile de fixare pot să apară datorită următoarelor cauze:

– deformațiile elastice ale semifabricatelor, produse de eforturile de fixare;

– deformațiile elastice ale elementelor dispozitivului, sub acțiunea eforturilor de fixare;

– deformațiile de contact (locale); în zonele de contact a elementelor de orientare şi fixare a dispozitivului cu suprafața semifabricatului.

Deformațiile de contact (locale) se determină experimental în funcție de efortul specific de fixare, q [N/mm^2]:

$$Y = C \cdot q^n \ [\mu m] \qquad (3.42)$$

în care: C este o constantă care depinde de proprietățile fizico-mecanice ale stratului superficial şi de rugozitatea suprafețelor de contact; n – coeficient exponențial sub-unitar.

Dacă aceste deformații sunt constante de la prelucrarea unui semifabricat la altul, nu vor influența precizia prelucrării mecanice. Eroarea de prelucrare datorită eforturilor de fixare, ε_r, se defineşte ca diferență între poziția maximă şi minimă pe care o ocupă baza de măsurare, sub acțiunea eforturilor de fixare, pe direcția dimensiunii de obținut:

$$\varepsilon_r = (Y_{max} - Y_{min})\cos\alpha \qquad (3.43)$$

Eroarea de orientare şi fixare reprezintă suma vectorială a erorii de orientare reale şi a erorii de fixare:

$$\bar{\varepsilon}_i = \bar{\varepsilon}_{br} + \bar{\varepsilon}_f \qquad (3.44)$$

Când vectori sunt coliniari, sumarea se face algebric. Pentru eroarea de orientare şi fixare a unui lot de piese, considerând că erorile de orientare şi de fixare urmează legea distribuției normale, se foloseşte metoda rădăcinii pătrate din suma pătratelor abaterilor:

$$\varepsilon_i = \sqrt{\varepsilon_{br}^2 + \varepsilon_f^2} \qquad (3.45)$$

Exemple numerice:

A. Se consideră schema de bazare din figura 3.16, conform căreia baza tehnologică de aşezare R_T coincide cu baza de măsură B_M.

Pentru executarea dimensiunii L se cere să se verifice dacă eroarea de orientare reală ε_{br} este mai mică decât cea admisibilă ε_{ba}. Se cunosc erorile de reglaj η = 0,04 mm şi de prelucrare ε_0 = 0,09 mm.

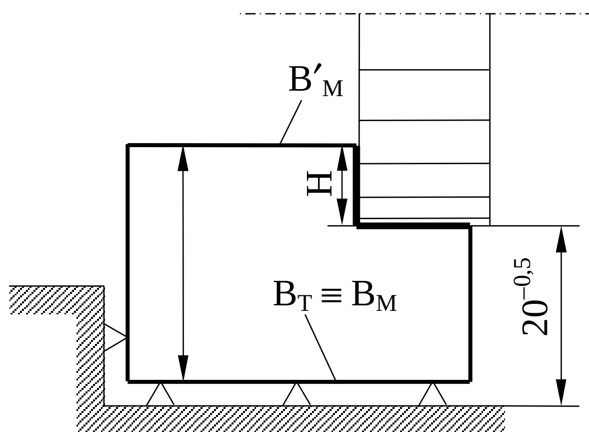


Fig. 3.16. Schemă de bazare

Se calculează eroarea de orientare admisibilă, conform relației (3.33):

$$\varepsilon_{ba} = \sqrt{(T-\eta)^2 - \varepsilon_0^2} = \sqrt{(0{,}15-0{,}04)^2 - (0{,}09)^2} = 0{,}063\,\text{mm}$$

Se calculează eroarea de orientare reală, conform relației (3.41). Deoarece baza tehnologică coincide cu cea de măsură, dimensiunea L nu depinde de dimensiunea x.

Ca urmare, $\frac{dL}{dx} = 0$ şi din relația (3.33) rezultă: $\varepsilon_{br} = 0 < \varepsilon_{ba}$

Aşadar, schema de bazare aleasă asigură precizia impusă de executarea dimensiunii L.

B. Se consideră aceeaşi schemă din figura 3.16, cu aceleaşi erori de reglaj şi prelucrare, cu deosebirea că baza tehnologică E_T nu mai coincide cu baza de măsură B'_M.

Se cere de asemenea să se verifice corelația dintre eroarea de orientarea reală şi cea admisibilă.

Conform relației (3.33), similar exemplul numerică anterior, se obține:
$\varepsilon_{ba} = 0{,}063\,\text{mm}$

Deoarece baza tehnologică nu mai coincide cu cea de măsurare, avem relația:

$$L = x - H \text{ şi deci } \frac{dL}{dx} = 1$$

Conform relației (3.41), în care K = 1, obținem: $\varepsilon_{br} = \sqrt{1 \cdot (0{,}2)^2} = 0{,}2\,\text{mm}$

Rezultă: $\varepsilon_{br} > \varepsilon_{ba}$

Conform acestei scheme nu se poate asigura precizia necesară execuției dimensiunii L.

Pentru asigurarea preciziei impuse fie se trece la schema de bazare anterioară, fie se acceptă o precizie admisibilă mai mare, ceea ce poate impieta funcționarea piesei, fie se reduce toleranța cu care se execută dimensiunea x, ceea ce scumpeşte prelucrarea. În general se caută pe cât posibil baza tehnologică să coincidă cu cea de măsură, ceea ce asigură o eroare de orientare nulă.

3.6. Scule, dispozitive şi verificatoare (SDV)

Tehnologia de execuție a unui produs impune folosirea unui echipament tehnologic (scule, dispozitive, verificatoare) care să asigure o productivitate ridicată, calitatea execuției şi reducerea costului de producție.

Scula aşchietoare reprezintă elementul de execuție care, în mişcarea sa relativă față de o piesă, generează o suprafață prin îndepărtarea adaosului de prelucrare sub formă de aşchii.

În funcție de construcția şi destinația lor, sculele aşchietoare se clasifică astfel:

a) **după operația de prelucrare**:

– cuțite, pentru operații de strunjire, rabotare, mortezare;

– freze, pentru operații de frezare;

– scule pentru prelucrarea găurilor, pentru operații de burghiere, alezare, adâncire, lărgire şi lamare;

– broşe, pentru operații de broşare interioară şi exterioară;

– scule pentru operații de filetare;

– scule pentru operații de danturat şi canelat roți dințate şi axe canelate;

– scule abrazive, pentru operații de polizare şi rectificare;

– scule pentru operații de lăcătuşerie – pile, dălți şi pânze de ferăstrău;

– scule pentru prelucrări neconvenționale;

– scule pentru prelucrări optice.

b) după materialul din care se execută:

– scule din oțel carbon de scule şi aliate;

– scule cu plăcuțe din carburi metalice şi materiale mineralo-ceramice;

– scule din materiale abrazive;

– scule din materiale extradure.

O sculă aşchietoare trebuie să satisfacă următoarele condiții:

– duritatea părții active să fie mai mare cu 5-6 unități Rockwell față de duritatea materialului de prelucrat;

– să permită regimuri de aşchiere mari, în scopul unei productivități ridicate;

– să-şi mențină capacitatea de aşchiere un timp cât mai îndelungat;

– să aibă o stabilitate termică ridicată;

– să asigure precizia dimensională şi calitatea suprafețelor prelucrate;

– să poată fi executată prin tehnologii simple, cu consum redus de material, manoperă şi energie;

– să poată fi recondiționată şi ascuțită uşor;

– să permită o montare şi demontare uşoară pe maşina unealtă.

Materialele folosite la fabricarea sculelor aşchietoare sunt:

1. Oțeluri carbon pentru scule, standardizate în STAS 1700-80, au un conținut bogat de carbon (0,6...1,4%) fără nici un element de aliere şi au simbolul OSC urmat de cifre care indică în zecimi de procent, conținutul de carbon (ex. OSC 7).

Duritatea sculei, după tratamentul termic, este cuprins între 60...64 HRC, dar la temperaturi de 200...250 °C tăişul nu mai aşchiază, pierzându-şi duritatea, fapt pentru care viteza de aşchiere nu poate depăşi 20 m/min.

Datorită adâncimii mici a stratului călit (3-8 mm) şi a faptului că răcirea la călire se face de regulă în apă (cauză a deformările şi fisurilor), oțelul carbon pentru scule nu este indicat la executarea sculelor cu secțiuni mari şi variații bruşte de secțiune.

2. Oțeluri aliate, standardizate în STAS 3611-80 şi 7382-80 care, pe lângă procentul ridicat de carbon pe care-l au (0,7...2.2% C), conțin elemente de aliere ca: wolfram, crom, molibden, nichel, vanadiu etc., care conferă acestora calități superioare oțelurilor carbon pentru scule.

După valoarea procentului elementului în care oțelul aliat este cel mai bogat, ele se împart în:

– oțeluri slab aliate, la care procentul maxim al elementului de aliere este de cca. 6%;

– oțeluri bogat aliate, a care acest procent este mai mare de 10-12%.

Oțeluri slab aliate sunt superioare oțelurilor carbon pentru că îşi păstrează duritatea până la temperaturi de 350-400 °C, putând fi folosite la prelucrări cu viteze de aşchiere de 30-35 m/min, oțelurile bogat aliate, cunoscute sub denumirea de oțeluri rapide, simbol R_p, îşi păstrează duritatea până la temperaturi de 150-400 °C, putând fi folosite la prelucrări cu viteze de aşchiere de până la trei ori mai mari decât sculele confecționate din oțel carbon de scule.

3. Carburi metalice, obținute prin sintetizarea unui amestec de carburi metalice de wolfram, titan, tantal etc., într-un liant metalic, de regulă cobaltul. Materialul obținut este livrat sub formă de plăcuțe care se fixează pe capul sculei prin lipire (brazare) sau mecanic.

Datorită durității mari pe care le prezintă (peste 85 HRC), rezistență mare la uzură şi o foarte mare stabilitate termică (peste 900 °C) aceste materiale permit viteze de aşchiere foarte mari în comparație cu celelalte materiale din care se execută sculele aşchietoare.

Au apărut plăcuțe din carburi metalice acoperite superficial cu un strat foarte rezistent la uzuri (carbură de titan, nitrură de titan) sau cu un strat dublu (carbură de titan, peste care se pune oxid de aluminiu, sau carbură de wolfram peste care se depune diamant).

4. Materiale mineralo-organice, obținute prin sinterizare din oxid de aluminiu pur (Al_2O_3) sau din amestec cu unele carburi metalice (carbura de titan) sub formă de plăcuțe. Sunt caracterizate printr-o rezistență la uzură foarte mare, o duritate foarte ridicată (90-92 HRC), o stabilitate la cald foarte ridicată (până la 1100 °C), ceea ce permite prelucrări cu viteze de aşchiere de 200-600 m/min.

Dezavantajul pe care-l prezintă este cu au fragilitate foarte mare, utilizarea lor fiind limitată numai la prelucrări de finisare şi fără şocuri.

5. materiale extradure. În această categorie intră diamantul şi nitrura cubică de bor, sub formă de mono şi policristale. Unul din factorii care influențează calitatea unei scule aşchietoare (duritatea, durabilitatea, rezistența la uzură etc.) îl constituie tratamentul termic. Acest tratament constă în călire urmată de revenire.

Dispozitivul este o componentă auxiliară a unui sistem tehnologic care serveşte la efectuarea unei operații, de prelucrare mecanică, de asamblare sau control.

La prelucrarea mecanică, dispozitivul realizează orientarea şi fixarea piesei pe maşina unealtă în raport cu scula de prelucrat, sau poate servi la fixarea şi ghidarea sculei.

Dintre dispozitivele cele mai utilizate se menționează:

a) Elementele de aşezare (reazem), care pot fi principale sau auxiliare.

Elementele de aşezare principale servesc la sprijinirea şi orientarea piesei în vederea prelucrării şi preiau un număr de grade de libertate corespunzător schemei de bazare stabilită.

Reazemele auxiliare servesc la sprijinirea suplimentară a piesei în vederea creşterii rigidității la prelucrare, ele nepreluând grade de libertate.

Dintre elementele de aşezare principale cele mai des folosite în practică sunt: cepurile, plăcuțele, prismele, conurile, bolțurile.

b) Elemente şi mecanisme de centrare şi strângere, care asigură poziția constantă a piesei în timpul prelucrării prin aplicare unor forțe de strângere, care se închid prin elementele de reazem. Forțele de strângere se pot realiza folosind:

– elemente şi mecanism de strângere;

– mecanisme de contrare şi fixare.

Întrucât precizia şi calitatea suprafețelor elementelor de aşezare ale dispozitivelor influențează direct precizia de prelucrare a semifabricatului, se impune ca aceste elemente să îndeplinească următoarele condiții:

– suprafețe de contact ale reazemelor cu semifabricate să fie rezistente la uzură;

– precizia dimensională de formă şi poziție reciprocă ale suprafețelor reazemelor să fie menținută în timp, întrucât orice abatere poate influența precizia de prelucrare a pieselor;

– alegerea de soluții constructive de reazeme care să permită o execuție simplă şi o montare şi demontare uşoară pe corpul dispozitivului în caz de uzare.

Materialele de execuție pentru elementele de aşezare sunt în general oțelurile de cementare, care permit o rezistență suficientă la suprafață după călire şi revenire şi o tenacitate ridicată a restului de material. Oțelul folosit este OLC 15 care se cementează pe 0,8-1,2 mm, călit şi revenit la 55...85 HRC.

Tehnologia de execuție a elementelor de aşezare se realizează în special cu maşini unelte şi SDV-uri universale, iar în cazul dispozitivelor din elemente modulate pe maşini-unelte şi SDV-uri speciale.

Verificatoarele (calibrele), sunt mijloace de măsurare şi control, fără scară gradată, destinate controlului limitativ al abaterilor dimensionale de formă sau poziție. Comparativ cu controlul cu mijloace universale (şubler, micrometru, comparatoare cu cadran etc.), la controlul cu ajutorul calibrelor nu se poate stabili valoarea numerică a dimensiunii controlate, ci se verifică numai dacă piesele au fost executate între limitele prescrise, încadrându-le în trei grupe: piese bune, rebuturi recuperabile şi rebuturi irecuperabile. Controlul cu calibre este foarte productiv şi nu necesită controlori cu înaltă calificare, recomandându-se la producția de serie şi masă.

Controlul se poate face de către muncitor în timpul lucrului (autocontrol), utilizând calibre de fabricație, sau după prelucrare, de controlul tehnic de calitate, utilizând calibre de verificare, sau de beneficiari, utilizând calibre de recepție. Se pot controla suprafețe cilindrice şi conice, exterioare şi interioare, filetate, caneluri, profiluri etc.

Calibrele se execută la o precizie mult mai mare decât precizia suprafețelor pieselor pe care le verifică, toleranță la dimensiunile calibrelor fiind în general de 3-10 ori mai mică decât toleranța la diametrele pieselor verificate.

3.7. Precizia de prelucrare

Prin precizia de prelucrare se înțelege gradul de apropiere a dimensiunilor, formei şi poziției reciproce a suprafețelor prelucrate față de valorile lor nominale, determinate după desenul de execuție.

Cunoscând faptul că în practica de producție nu există posibilități pentru reproducerea exactă a caracteristicilor de calitate a unui lot de produse, încă în faza de proiectare se prescriu anumite limite – câmp de toleranță – în care să se încadreze piesele prelucrate. Precizia de prelucrare conține:

– precizia dimensiunilor piesei reale (prelucrate) în raport cu dimensiunile din desenul de execuție;

– precizia formei geometrice (gradul de corespondență a figurilor geometrice ale piesei reale față de acelea ale piesei exacte);

– precizia poziției reciproce a suprafețelor.

În funcție de etapele care se analizează, precizia se referă la faza de proiectare şi se numeşte precizie funcțională, sau la faza de realizare practică şi se numeşte precizie tehnologică.

Trebuie combătută tendința de a prescrie precizii mai ridicate decât este necesar. În acest scop s-a introdus noțiunea de precizie economică, care se obține pentru un procedeu tehnologic în condiții normale de producție.

Sistemul ISO (International Organisation for Standardisation), adoptat şi în țara noastră, reglementat prin 11 standarde, STAS 8100-68, prevede 18 **trepte de „precizie“,** notate în ordinea descrescândă a preciziei (în ordinea crescândă a toleranței) cu numere, astfel: 01 ; 0 ; 1 ; 2 ; 3 ; ... ; 16.

Alegerea preciziei cu cese se execută piesele este de mare importanță, deoarece costul prelucrării variază foarte mult cu aceasta (figura 3.17.).

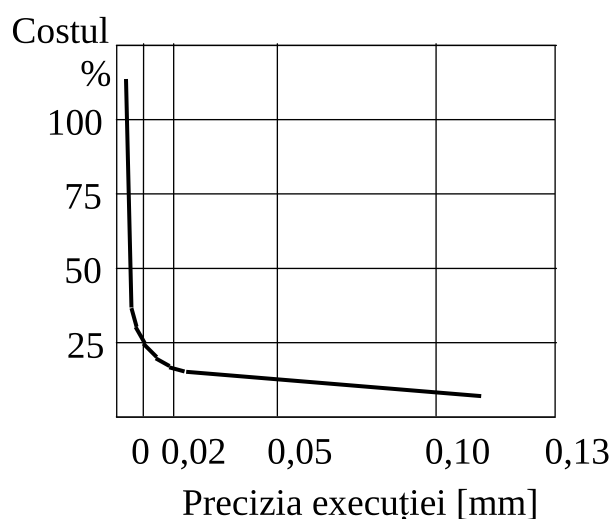


Figura 3.17. Variația costului prelucrării funcție de precizia de execuție

În industria construcțiilor de maşini şi aparate electrice, domeniul de utilizare a treptelor de precizie ISO este indicat, informativ, în tabelul 3.7.

Tabelul 3.7 Alegerea treptelor de precizie

Domeniul de utilizare	Precizia ISO
Mecanica de precizie	01 – 0
Construcția de SDV-uri	1 – 4
Construcția de maşini şi aparate electrice	5 – 9
Piese cu dimensiuni libere (forjate, turnate etc.)	12 – 16

În tabelul 3.8. se prezintă precizia economică pentru câteva procedee de prelucrare.

Tabelul 3.8 Precizia economică la diferite procedee de prelucrare

Procedeul de prelucrare mecanică		Indice de precizie	Limita ce se obține
		Economic	
Rabotare	de degroşare	12...13	11
	de finisare	11...12	
Burghiere		11...13	10
Adâncire	de degroşare	11...13	9
	de finisare	9...10	
Alezare	de degroşare	8...9	6
	de finisare	6...7	
Broşare	de degroşare	8...9	7
	de finisare	7...8	
Frezare cilindrică şi frontală	de degroşare	12	8
	de finisare	10...11	
	foarte fină	8...9	
Strunjire interioară	de degroşare	12...14	7
	de semifinisare	11...12	6
	de finisare	8...10	7
	cu diamant	7	6
Rectificare rotundă	de degroşare	9...10	6
	de finisare	7...8	
	foarte fină	7	
Rectificare plană	de degroşare	9...10	6
	de finisare	7...9	
	foarte fină	7	
Honuire	medie	7	6
	foarte fină	6	
Filetare interioară	cu tarod	9...10	7
Prelucrarea danturii	cu cuțit	7...9	6
	prin rabotare	8...11	
	prin frezare	7...10	
	prin rectificare	6....7	
Lepuire	prealabilă	7	6
	medie	7	
	foarte fină	6	
Rodare	de finisare	7	6
	foarte fină	6	

3.8. Erori de fabricație

O caracteristică importantă a proceselor de producție este atingerea preciziei necesare a executării lor care se determină prin mărimile admise ale erorilor primare.

Prin precizia de prelucrare (executare) se înțelege gradul coresponden-ței caracteristicilor obținute a pieselor sau subansamblelor maşinilor electrice funcție de condițiile tehnice date.

Analiza preciziei la proiectarea operațiilor de bază ale procesului tehnologic constă în studierea cauzelor apariției erorilor şi mijloacelor eliminării şi preîntâmpinării lor.

Erorile care apar ca urmare a oscilațiilor proceselor fizico-chimice ale producției se pot subîmpărți în:

- constructive
- de producție. Erorile constructive sunt acele erori care apar în procesul proiectării

maşinilor electrice, proiectării şi elaborării înzestrării tehnologice pentru realizarea lor. Cauzele acestor erori constau în înlocuirea formulelor precise cu unele aproximative, în utilizarea datelor aproximative pentru diferiți coeficienți, în rotunjirea valorilor obținute. Erorile constructive pot apare de asemenea ca rezultat al evidențierii insuficiente a condițiilor reale (temperatură, vibrații, sarcină) de exploatare şi unei insuficient de atentă verificare preliminară a proiectului constructiv al maşinii electrice înaintea lansării lui în producție.

Erori de producție sunt acele erori care apar în procesul executării elementelor maşinilor electrice şi asamblării lor.

Erorile de producție la rândul lor, se împart în:

- sistematice
- întâmplătoare.

Erorile sistematice sunt provocate de cauze care acționează determinat. Valoarea acestor erori şi semnul deviației lor față de valoarea nominală sunt constante în timp.

Erorile întâmplătoare sunt erori care au pentru diferitele elemente ale lotului valori diferite, al căror caracter de variație nu poate fi determinat fără metode statistice.

Erorile întâmplătoare sunt provocate de: imprecizia fixării piesei, dispozitivelor, de abaterile adausurilor, de neuniformitatea prelucrării, de inconstanța compoziției materialelor utilizate şamd.

Toleranțele de producție care caracterizează gradul preciziei produsului tehnologic se determină prin două metode: de calcul şi statistică. Metoda de calcul se bazează pe folosirea dependenței matematice între mărimea erorii şi cauza ce o provoacă, iar metoda statistică pe teoria probabilităților şi statistică matematică.

Să examinăm factorii de bază ce provoacă erori de producție.

Erorile sistematice în funcție de cauzele care le produc se pot împărți în grupele:

1.Erori metodice,

2.Erori provocate de devieri conştient admise față de schema precisă a procesului prelucrării,

3.Erori provocate de impreciziile utilajelor, instrumentelor şi SDV-urilor,

4.Erori provocate de deformațiile în sistemul maşină-dispozitiv-piesă-sculă sub influența forțelor ce acționează asupra acestui sistem,

5.Erori provocate de deformări datorate temperaturii.

Erorile cu caracter metodic sunt proprii metodei date de obținere a piesei şi sunt condiționate de imposibilitatea teoretică a asigurării preciziei date.

Erorile provocate de deviațiile conştient admise față de schema precisă a decurgerii procesului tehnologic pot să fie admise în acele cazuri când aceste abateri permit să se simplifice şi să se ieftinească procesul prelucrării, iar mărimea lor este aleasă astfel încât ele însumate cu alte toleranțe să nu depăşească toleranța admisă.

În erorile cauzate de imprecizia maşinilor, dispozitivelor şi instrumentelor intră: erorile maşinilor unelte la mersul în gol, erorile SDV-urilor şi şabloanelor de copiat.

Impreciziile admise ale maşinilor noi la mersul în gol (aşa numitele norme de precizie ale maşinilor) şi metodele încercării lor la precizie sunt expuse în normele şi standardele corespunzătoare. Trebuie avute în vedere de asemenea impreciziile care apar ca urmare a uzurii maşinilor. Influența uneia sau altei imprecizii a maşinii asupra preciziei prelucrării (executării) se poate elimina într-o serie de cazuri, cu ajutorul compensatoarelor.

Impreciziile dispozitivelor în care sunt fixate piesele pentru prelucrare, provoacă asupra pieselor o eroare sistematică, constantă. Pentru a se exclude influența erorilor dispozitivului asupra preciziei de prelucrare a pieselor, dispozitivele se execută cu o precizie mai mare decât precizia impusă pieselor pentru care ele au fost construite.

Eroarea instrumentelor de măsură şi eroarea măsurării se reflectă în mod direct asupra preciziei de prelucrare. În cazul când măsurarea se face cu un instrument uzat, la reglarea la dimensiune a maşinii unelte, sau când reglorul citeşte greşit dimensiunea indicată de instrumentul de măsură, toate piesele din lotul respectiv vor avea în plus sau în minus această eroare sistematică de măsură.

La prelucrarea pe maşini unelte de copiat, erorile profilului şabloanelor se reflectă asupra profilului piesei ce se prelucrează.

Preciziile admise ale dispozitivelor sunt de asemeni reglementate de către norme.

Erorile create de deformațiile sistemului maşină-dispozitiv-piesă-sculă (MDPS), sub acțiunea forței de tăiere, apar din cauză că acest sistem (MDPS) nu este absolut rigid. Sub acțiunea eforturilor aplicate acestui sistem în el se petrec deformații care sunt una din principalele cauze ale erorilor de prelucrare.

Toate deformațiile sistemului se pot împărți în două categorii:

a) deformații ale pieselor prelucrate, deformații ale diferitelor piese ale maşinilor şi dispozitivelor;

b) deformații în locurile de cuplare ale pieselor şi subansamblelor.

Deformările pieselor prelucrate, sub acțiunea eforturilor de strângere şi a eforturilor de tăiere şi de asemeni deformările pieselor maşinii şi dispozitivelor, se pot calcula în principiu cu metodele obişnuite ale calculului rezistenței materialelor.

Principalele cauze care provoacă deformații în locurile de cuplare ale pieselor şi subansamblelor maşinii sunt deplasările elastice la îmbinări. Ele se produc în primul rând din cauza deformării neuniformităților pe suprafața de îmbinare. Din cauza acestor deformații se schimbă dispunerea reciprocă a părților maşinii ceea ce are mare influență asupra preciziei prelucrării.

Erorile provocate de deformările datorate temperaturii se produc sub acțiunea:

a) căldurii care se degajă prin frecările între diferitele piese ale maşinii;

b)căldurii debitate în procesul tăierii, care produce deformări termice ale sculelor şi pieselor prelucrate;

c) oscilațiilor temperaturii din încăpere.

Tensiunile interne pot influența atât de mult asupra preciziei de prelucrare şi aspra formei geometrice a pieselor încât nu trebuiesc neglijate la proiectarea produsului tehnologic.

Tensiunile interne pot apare la:

a) operații pregătitoare: turnare, sudare, etc.;

b) operații de prelucrare mecanică;

c) operații de tratamente termice.

Datorită influenței mari ce o pot avea tensiunile interne o problemă importantă a proceselor tehnologice de prelucrare este eliminarea lor. De aceea, detensionarea naturală sau artificială a pieselor înainte de prelucrarea mecanică prin aşchiere şi între operații face parte integrantă din procesul tehnologic.

Tensiunile interne pot apare în urma prelucrării prin aşchiere din cauza ecruisării suprafeței prelucrate, mai ales în urma prelucrării de degroşare. Aceste tensiuni interne se redistribuie în timpul desfăşurării procesului tehnologic pe măsură ce prelucrarea se apropie de sfârşit. Pentru eliminarea cât mai completă a tensiunilor interne se impune ca prelucrările de finisare să se facă cu adâncimi mici de aşchiere. La prelucrarea prin rectificare este bine ca ultimele treceri să se facă în „gol“.

Pe baza noțiunilor tehnice prezentate în capitolul „Precizia dimensională” şi pentru a verifica temeinicia cunoştiințelor studiate vă rog să răspundeți la următoarele întrebări:

1. Ce rol are determinarea preciziei dimensionale a unui produs?
2. Care sunt cele mai noi metode de analiză a preciziei dimensionale?

3. Ce înțelegeți prin dimensiune nominală?
4. Ce înțelegeți prin dimensiune efectivă?
5. Ce înțelegeți prin dimensiune limită?
6. Ce înțelegeți prin abatere efectivă?
7. Ce înțelegeți prin abatere superioară?
8. Ce înțelegeți prin abatere inferioară?
9. Ce înțelegeți prin toleranță?
10. Ce înțelegeți prin câmp de toleranță?
11. Ce înțelegeți prin arbore?
12. Ce înțelegeți prin alezaj?
13. Ce înțelegeți prin asamblare cu joc?
14. Ce înțelegeți prin asamblare cu strângere?
15. Ce înțelegeți prin jocul asamblării?
16. Ce înțelegeți prin toleranța jocului?
17. Ce înțelegeți prin ajustaj cu joc?
18. Ce înțelegeți prin ajustaj cu strângere?
19. Ce înțelegeți prin ajustaj intermediar?
20. Ce sisteme de toleranțe cunoaşteți?
21. Ce tip de sistem de toleranțe este recomandat?
22. Ce înțelegeți prin linia zero?
23. Ce înțelegeți prin ISO?
24. Câte poziții ale câmpurilor de toleranță prevede ISO? Exemplificați.
25. De ce depinde precizia unei prelucrări?
26. Ce înțelegeți printr-un lanț de dimensiuni?
27. Ce lanțuri de dimensiuni cunoaşteți?
28. Ce abateri dimensionale cunoaşteți?
29. Ce înțelegeți prin rugozitatea unei suprafețe? Dați exemple de cotare.
30. Ce înțelegeți prin bază?
31. Ce rol are bazarea?
32. Clasificați bazele.
33. Ce înțelegeți prin bază: constructivă, de cotare, de măsură sau tehnologică?
34. Ce înțelegeți prin eroare?
35. Clasificați erorile sistematice.
36. Care sunt cauzele erorilor sistematice?
37. Care sunt cauzele erorilor întâmplătoare?
38. Ce înțelegeți prin cotă funcțională?
39. Ce înțelegeți prin precizia de prelucrare? Clasificați preciziile dimensionale.
40. Ce deformații pot apare într-un proces de prelucrare?

4. PROCESE TEHNOLOGICE

La executarea echipamentelor electrice, a subansamblelor de orice ordin şi a reperelor se folosesc diferite procedee fizice şi chimice care modifică proprietățile materialelor, forma piesei brute, dimensiunile, calitatea stratului superficial, poziția relativă a pieselor sau realizează asamblarea lor.

Din acest motiv, **procesul tehnologic** de realizare a obiectului producției sau a părților sale componente constă dintr-un complex de **procese tehnologice particulare** de execuție a pieselor şi subansamblelor, procese tehnologice de asamblare, reglare şi încercare.

Procesul tehnologic reprezintă acea parte a procesului de producție în decursul căreia variază starea calitativă a obiectului producției sau a diferitelor părți componente ale acestuia (piese, subansamble de orice ordin şi ansamblul general – produsul electrotehnic).

Procesele tehnologice particulare constau din operații tehnologice separate.

Operația tehnologică este acea parte a procesului tehnologic care se îndeplineşte neîntrerupt la un singur loc de muncă, asupra unuia sau câtorva obiecte ale muncii, de către unul sau câțiva muncitori.

Operația se poate executa dintr-o singură **aşezare** sau din câteva aşezări ale piesei în dispozitiv sau pe masa maşinii. Această acțiune de prindere a piesei în dispozitiv sau pe masa maşinii în vederea prelucrării sau asamblării face parte din operația respectivă şi se numeşte aşezare.

Piesa fixată în dispozitiv poate fi prelucrată într-una sau mai multe **poziții** față de sculele cu care se face prelucrarea ei.

Operația tehnologică este elementul de bază al planificării industriale. Pe baza însumării timpilor diferitelor operații se determină necesarul de forță de muncă, se planifică încercarea utilajelor etc.

O operație poate fi constituită din una sau mai multe **faze**. Faza este acea parte a operației în care se execută complet dintr-o singură aşezare şi poziționare a piesei o suprafață sau mai multe suprafețe simultan, cu o sculă sau cu un complet de scule cu un anumit regim de aşchiere.

Într-o fază de prelucrare mecanică adaosul de prelucrare de pe suprafața piesei (sau de pe suprafețele piesei, dacă se prelucrează simultan mai multe suprafețe ale piesei) poate fi îndepărtat dintr-o singură **trecere** sau din mai multe treceri. La fiecare trecere a sculelor pe suprafața (sau pe suprafețele) piesei care se prelucrează, se îndepărtează câte un strat de material. Toate trecerile se execută cu acelaşi regim de aşchiere. dacă o trecere se execută cu alt regim de aşchiere atunci trecerea respectivă devine fază.

Faza şi trecerea la rândul lor sunt formate din una sau mai multe **mânuiri.** Mânuirea reprezintă totalitatea mişcărilor efectuate de muncitor în timpul desfăşurării lucrului.

În funcție de genul procesului tehnologic: de prelucrare dimensională, de asamblare, de protecția suprafeței, de impregnare, conținutul şi noțiunea elementelor operației variază. Ele sunt determinate în modul cel mai clar în prelucrările mecanice.

La elaborarea procesului tehnologic se stabilesc, pornind de la echipamentul existent cele mai avantajoase regimuri ale îndeplinirii sale. Aceasta presupune determinarea volumului de muncă atât al procesului în ansamblu cât şi al părților sale componente.

Pentru a exemplifica gama foarte largă de procese tehnologice utilizate la fabricarea echipamentelor electrice, vom prezenta câteva dintre acestea în acest capitol.

4.1. Procesul tehnologic de elaborare a cuprului

Baza de materii prime necesare obținerii cuprului o constituie produsele miniere (70%) şi deşeurile industriale (30%). Prelucrarea acestora se realizează prin procedee piro-, hidro- şi electrometalurgice, respectiv prin procedee combinate: piro-electrometalurgice, hidro-electrometalurgice, piro-hidro-electrometalurgice.

Materiile prime cuprifere sulfuroase asigură cca 90% din producția mondială de cupru şi sunt prelucrate în principal prin metoda pirometalurgică. La fel şi deşeurile industriale, datorită concentrației mari de Cu se prelucrează de regulă prin metoda pirometalurgică.

Materiile prime cuprifere oxidice şi sulf-oxidice, care au în general un conținut scăzut de Cu, se prelucrează în special prin metode hidro-metalurgice.

Procedeele pirometalurgice, cel mai des folosite, cuprind următoarele etape principale:

a) concentrarea prin flotație;

b) prăjirea parțială a concentratelor;

c) topirea pentru mată: în cuptoare cu vatră; în cuptoare cu cuvă; în suspensie; în cuptoare electrice; topire continuă într-un singur agregat;

d) convertizarea matelor;

e) rafinarea termică a cuprului de convertor;

f) rafinarea electrolitică a cuprului.

În figura 4.1. sunt prezentate schematic, pe utilaje, procedeele pirometalurgice de obținere a cuprului.

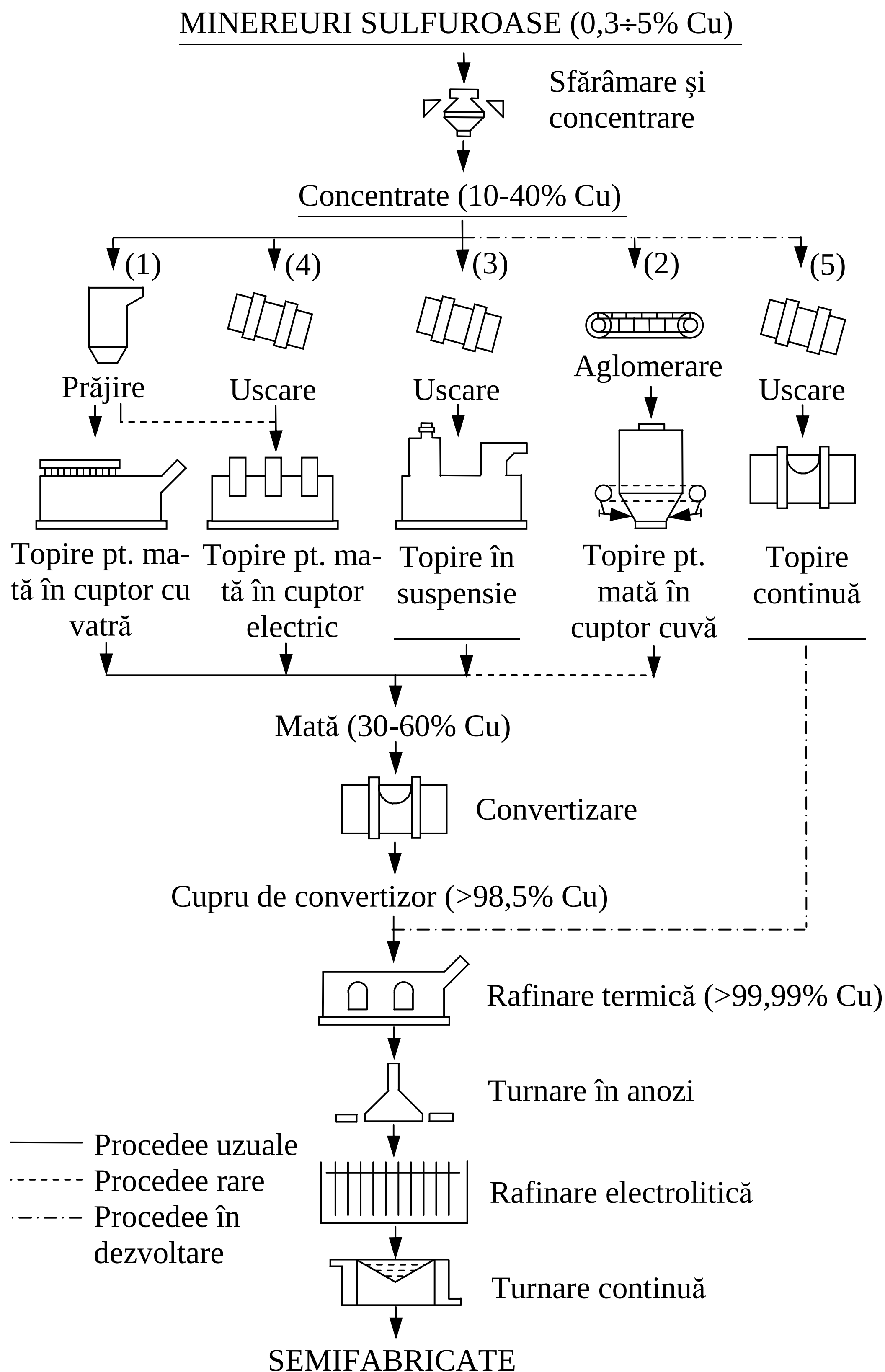


Figura 4.1. Procedeele pirometalurgice de obținere a cuprului.

Deşeurile industriale cuprifere se prelucrează, asemănător, printr-un proces de topire în mediu reducător urmat de rafinarea în convertizoare şi eventual rafinarea electrolitică. Fluxul tehnologic, de obținere a cuprului din deşeuri, este prezentat în figura 4.2.

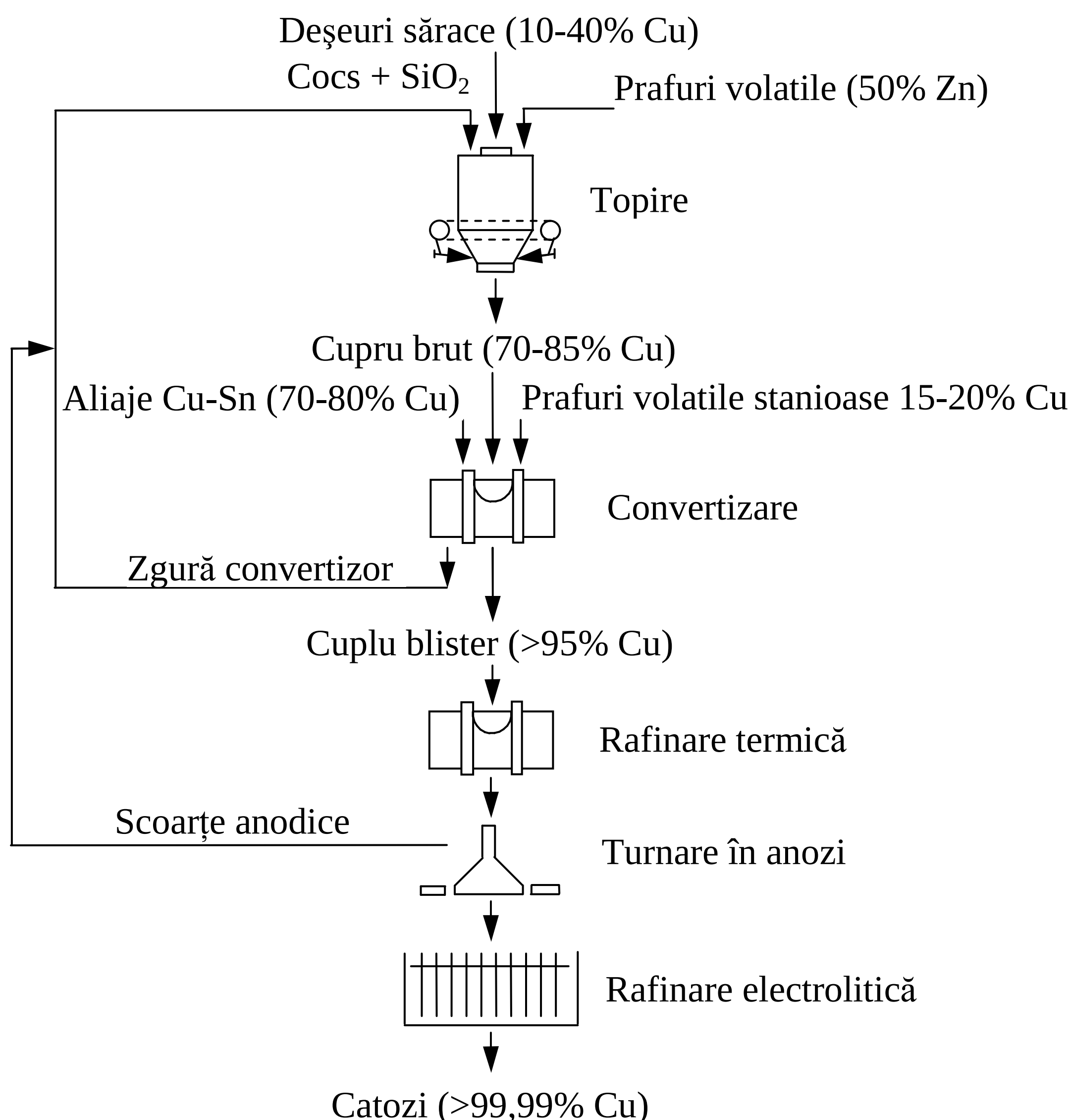


Figura 4.2. Fluxul tehnologic de obținere a cuprului din deşeuri.

Procedeele hidrometalurgice de extracție a cuprului includ următoarele faze tehnologice:

a) pregătirea minereurilor (sfărâmarea primară, fină, etc.);
b) solubilitatea minereurilor;
c) purificarea soluțiilor;
d) extracția cuprului din soluție.

Procedeele electrometalurgice sunt utilizate la topirea pentru mată a concentratelor de Cu în cuptoare electrice cu arc (procedeul electrotermic), la rafinarea electrolitică şi la extracția cuprului din soluții prin electroliză (procedeul electrochimic).Se menționează că mata reprezintă o soluție complexă, în principal de sulfuri de cupru (Cu_2S) şi fier (FeS), precum şi alte sulfuri, metale nobile, oxizi (în special Fe_3O_4) etc., adică mata reprezintă un produs intermediar în tehnologiile de obținere a cuprului.

4.2. Procesul tehnologic de confecționare a cristalelor artificiale

Cristalele artificiale sunt larg folosite în industria electrotehnică (şi nu numai), înlocuind cristalele naturale, a căror cantitate, varietate şi prețuri de cost grevează mult opțiunile pentru folosirea lor. Creşterea artificială a cristalelor (din topitură, din soluție, din vapori, etc.) reprezintă o tehnologie modernă care oferă posibilitatea obținerea unor cantități mari, la preț de cost rezonabil a cristalelor de siliciu, germaniu, arsenura de galiu (folosite în industria semiconductoarelor), safir şi rubin (pentru realizarea lagărelor din construcția de aparate electrice şi ceasornicărie, a substratului pentru circuitele integrate de calitate superioară, a laserelor, a lămpilor cu vapori de sodiu, ş.a.), cuarț, niobit de litiu (pentru obținerea rezonanțelor acustice), diamant (pentru scule speciale) etc.

Se exemplifică în continuare procesul tehnologic de obținere din safir artificial a unui lagăr utilizat pentru menținerea echipajului mobil din construcția unor aparate de măsură analogice, de mare precizie.

Materia primă – alaunul (aluminiu amoniacal – sulfat dublu de Al şi un metal alcalin – $Al_2(NH_4)(SO_4)_4 \cdot 24H_2O$).

Alaunul se obține din sulfat de aluminiu prin dizolvare în apă, în care se barbotează amoniac. Utilajul pentru prepararea alaunului este format dintr-un recipient, cămaşă de încălzire-răcire cu aducție pentru amoniac, cu valvă de admisie-evacuare aburi sau apă şi un agitator. Reacția de formare a alaunului are loc la 100 °C.

Urmează un proces tehnologic de deshidratare a alaunului la 200-250 °C, calcinare, la 1040 °C, timp de 2 minute, operație efectuată în cuptoare electrice cu rezistențe pe suport ceramic şi cernere, efectuate în site speciale cu excentric. Alaunul astfel obținut se prezintă sub formă de cristale foarte fine, alb strălucitoare, care se păstrează în vase de sticlă, în locuri uscate. Safirul şi rubinul au aceeaşi componență chimică, diferind doar prin colorantul utilizat.

Adausuri de culoare – trioxidul de crom (CrO_3) se utilizează ca adaus de culoare de bază la rubin, prezentându-se sub forma unor cristale aciculare roşii, fiind coroziv; – hexaflortitan-amoniac $(NH_4)_2TiFl_6$, se întrebuințează ca adaus de culoare de baza la safir, prezentându-se sub formă de cristale albe.

Procesul tehnologic folosit pentru obţinerea artificială a cristalelor este creşterea safirului din topitură. Pulberea fină de alaun se topeşte prin picurare în flacără de oxigen şi hidrogen la 2050 °C pe un suport şamotat, depunându-se în jurul unui sâmbure de safir (amorsă) fixat de suport ca un adeziv (amestec de electrocorindon (două cincimi) cu o argilă foarte fină (caolin)). Sâmburele de safir are dimensiunile $20 \times 3 \times 3$ mm, feţele, muchiile şi colţurile trebuind să fie perfect tăiate. Ritmul de picurare este de 40-45 doze/minut, obţinut cu ajutorul unor ciocănele acţionate mecanic ce cad pe buncărele ce conţin pulberea de alaun. Creşterea durează aproximativ 4 ore, putând apărea rebuturi datorită excentricităţii plasării sâmburelui faţă de flacără, colmatării sitei din buncăr, variaţiei vitezei de tragere a cristalului din flacără, pe măsura creşterii acestuia, impurificării materiei prime etc.

Obţinerea cristalelor profilate de safir are în vedere realizarea unui profil cât mai apropiat de cel necesar în utilizare, reducând manopera necesară tăierii şi prelucrării cristalelor.

Încălzitorul de grafit, de construcţie specială, are puterea de 8 kW, permiţând atingerea temperaturii de 2050 °C, necesară topirii alaunului. Un sistem de ecrane. confecţionate din molibden şi grafit înconjură încălzitorul în scopul asigurării unui gradient optim de temperatură la interfaţa de creştere a cristalului şi a asigurării unor pierderi reduse de căldură. Sămânţa de cristal (amorsa) are dimensiunile de $1{,}5 \times 1{,}5 \times 30$ mm, iar creuzetul are înălţimea de 55-65 mm şi diametrul 52-60 mm. Incinta instalaţiei este vidată la 10^{-4}-10^{-5} torr; un mecanism de tragere pe verticală asigură coborârea mandrinei de prindere a amorsei astfel încât aceasta să atingă partea superioară a generatorului de formă, permiţând tragerea cristalului funcţie de condiţiile de creştere. Se pot realiza cu această instalaţie cristale de safir cu profil exterior în formă de tuburi, bare cu diverse secţiuni (circulare, pătrate, triunghiulare etc.), în lungime de până la 1,5 m.

Cristalul de safir astfel obţinut se debitează prin tăieri succesive în forme cilindrice sau prismatice. Prin debitare se folosesc discuri de cupru imprimate cu un material abraziv foarte dur (pulbere de diamant). Se menţionează că duritatea safirului este 9, iar a diamantului 10 (Scara Moah), ceea ce duce la un consum ridicat de scule în procesul de tăiere.

Lagărele prismatice obţinute sunt găurite conic cu tarod cu vârf de diamant sau străpunse cu lasere, operaţie urmată de calibrarea şi şlefuirea găurilor, precizia de formă şi dimensională fiind necesară în scopul asigurării unei frecări cât mai mici a axului de oţel în lagărul de safir (figura 4.3.).

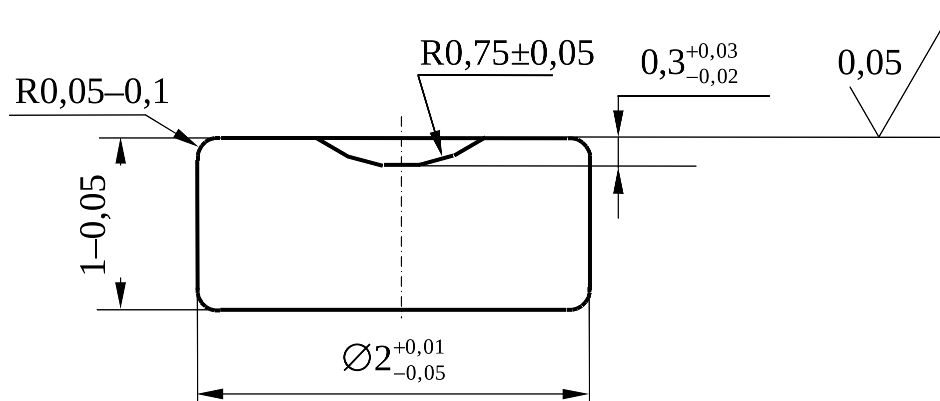


Figura 4.3. Lagăr cu concavitate sferică.

4.3. Procesul tehnologic de tăiere

Tăierea, ca operație tehnologică are ca scop separarea unor părți din materialul ce se prelucrează.

Tăierea se poate face prin:

- forfecare;
- ştanțare.

Forfecarea realizează suprafața de rupere cu ajutorul a două tăişuri asociate (cuțitele 1 şi 2 din figura 4.4) ale maşinilor unelte numite foarfeci.

Tăierea se poate face pe un contur deschis sau închis.

Ştanțarea se execută cu ajutorul unor scule speciale, denumite ştanțe, care au două părți principale: placa tăietoare (PT) şi poansonul (P).

Procesul de tăiere are trei faze caracteristice: faza de deformare elastică, faza deformațiilor plastice şi faza de forfecare (figura 4.4.).

În timpul desfăşurării fazei elastice, metalul este solicitat la compresiune şi încovoiere, iar în zona muchiei tăietoare a părții fixe, în deschiderea plăcii tăietoare, apare o uşoare deformare plastică, locală.

Faza deformațiilor plastice apare după ce poansonul pătrunde pe o anumită adâncime pe materialul de ştanțat. În spațiul dintre poanson şi placa tăietoare, materialul este intens solicitat la tracțiune şi încovoiere.

Spre sfârşitul acestei faze, tensiunile din apropierea muchilor tăietoare ating valorile maxime de rezistență la forfecare, iar în metal sunt create condiții pentru apariția microfisurilor de forfecare.

Faza de forfecare apare ca urmare a creşterii tensiunilor zonale ce rezultă în urma pătrunderii poansonului în metal şi începe din momentul apariției microfisurilor şi macrofisurilor în zona învecinată muchiilor tăietoare.

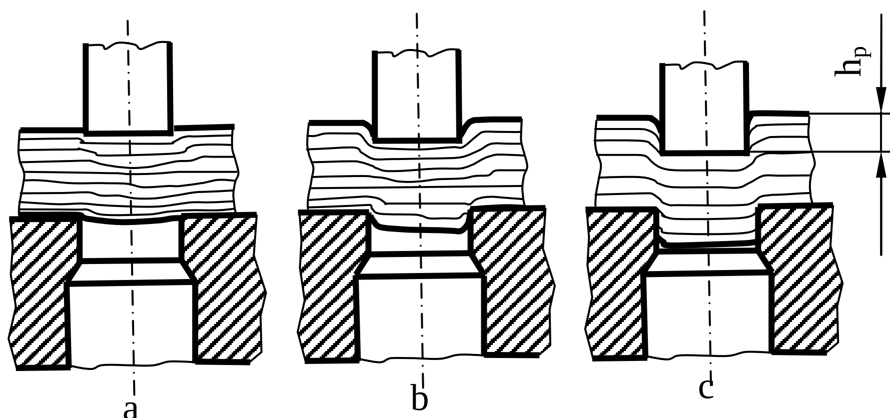


Figura 4.4. Fazele procesului de tăiere sau ştanţare
a – deformaţii elastice; b – deformaţii plastice;
c– formarea microfisurilor şi forfecarea materialului.

Fisurile se propagă în straturile adânci ale metalului cu viteză mai mare decât cea de pătrundere a poansonului, producând ruperea materialului înainte ca poansonul să străbată întreaga grosime a tablei. Deplasarea poansonului, în continuare are ca scop desprinderea completă a părţii desprinse de restul materialului.

Calitatea suprafeţei obţinute prin tăiere, pune în evidenţă cele trei faze ale procesului de tăiere:

- rotunjirea marginilor superioare şi inferioare, ale părţii detaşate corespunde fazei deformaţiei elastice;
- faza de deformare plastică;
- faza de rupere având suprafaţa rugoasă.

Deformarea elastică apare la atingerea tablelor de către cuţite, deformarea plastică atunci când cuţitele pătrund la adâncimea h_c= (0,1**...** 0,4) s, în care s este grosimea tablelor şi forfecare când pătrunderea cuţitelor este h ≈ (0,15...0,7) s. (figura 4.5.). La forfecare se lasă jocul U care se consideră optim U_{opt}=(0,01...0,2) s.

Forţele de tăiere se calculează pentru foarfecele cu cuţite paralele cu relaţiile:

$$F = l \cdot s \tau_f \qquad [daN] \qquad (4.1.)$$

Unde:
F - este forţa de tăiere, în daN,
l - lungimea de tăiere în mm,
s - grosimea materialului în mm,
τ_f - rezistenţa la forfecare, în daN/mm^2.

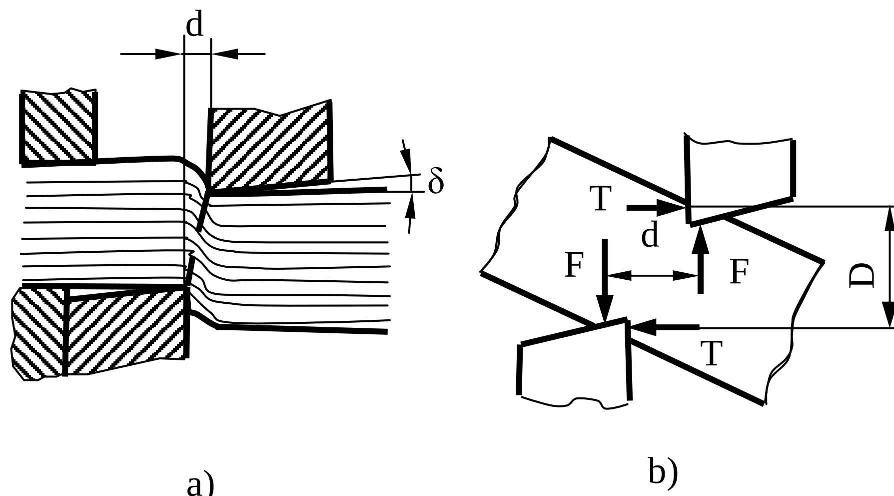


Figura 4.5. Procesul tăierii cu foarfecele (a) şi schema forţelor (b).

La tăierea cu foarfecele apare momentul de răsturnare M=F·d, datorită forţei de forfecare F aflate la distanţa d faţă de planul de forfecare. Acest moment roteşte tabla cu unghiul α_C; ia naştere forţa T de distanţare a cuţitelor cu mărirea jocului faţă de U_{opt} şi înrăutăţirea calităţii suprafeţei tăiate. Pentru a realiza α_D = 4…5° se strânge tabla cu forţa F şi se reduce d prin unghiul de degajare γ= 5**...**20°.

Procesul de **tăiere prin ştanţare** este analog cu tăierea la foarfeci, muchiile tăietoare ale poansonului şi plăcii tăietoare putând fi considerate ca nişte muchii de cuţit cu o configuraţie specială. Se taie astfel conturul sau conturile pieselor fabricate. (figura 4.6.).

Princpalele operaţii de ştanţare folosite în producţia electrotehnică sunt: retezarea, decuparea, şliţuirea şi perforarea.

Retezarea este operaţia de prelucrare prin tăiere prin care se separă o parte dintr-un material după un contur deschis (drept sau curb).

Decuparea este prelucrarea prin tăiere pentru separarea completă a unor semi-fabricate sau piese de restul materialului, tăierea făcându-se după un contur închis. Prin decupare se obţine conturul exterior al piesei. Partea desprinsă reprezintă piesa iar partea cu goluri – deşeul. Decuparea poate fi exemplificată prin ştanţarea tolelor pentru maşini electrice din tablă silicioasă.

Şliţuirea ocupă un loc intermediar între retezare şi decupare. Această operaţie este folosită la unele din variantele tehnologice de execuţie a tolelor pentru maşini electrice şi la ştanţarea crestăturilor deschise.

Perforarea este prelucrarea prin tăiere prin care se realizează un gol după un contur închis în interiorul materialului. Se obţine astfel conturul interior al piesei, partea desprinsă constituind deşeul.

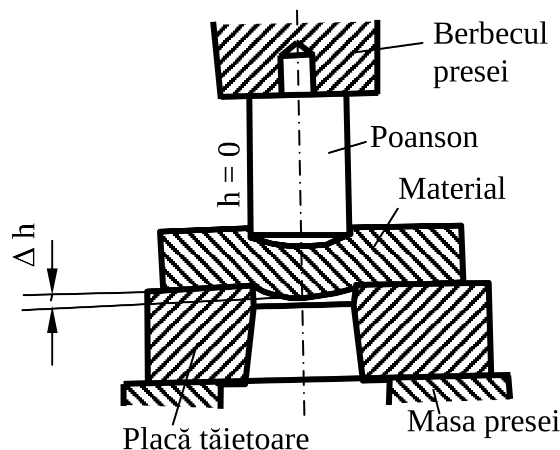


Figura 4.6. Schema procesului de tăiere prin ştanțare

Procesul de ştanțare este influențat de factori legați de material (proprietăți mecanice, grosime etc.) şi de factorii legați de construcția matriței dintre care cel mai important este jocul z dintre muchiile tăietoare ale poansonului şi plăcii tăietoare.

Valoarea jocului z dintre poanson şi placa tăietoare are mare influență asupra calității pieselor şi durabilității ştanțelor.

În general valoarea jocului este de (4-18)% din grosimea materialului, iar pentru tolele ştanțate din tablă silicioasă jocul se reduce la (6-7)%.

Dacă jocul este prea mic direcțiile fisurilor care pornesc de la muchiile tăietoare ale poansonului şi plăcii tăietoare, nu coincid. Suprafața de forfecare nu este netedă iar împingerea materialului în matriță necesită eforturi mari, care pot duce la spargerea acestuia. Forțele de frecare mari, care iau naştere, conduc la uzura rapidă a matriței.

În cazul în care jocul este prea mare piesa se deformează şi se observă bavuri exagerate. Valoarea forței de ştanțare pentru muchii de tăiere paralele este dată de relația:

$$F=P\cdot s\cdot\tau \quad (4.2.)$$

unde: F - este forța de tăiere în [daN];

P - perimetrul piesei, ținând seama de toate contururile exterioare şi interioare ştanțate la operația respectivă;

s - grosimea metalului;

τ - rezistența de rupere la forfecare.

Pentru alegerea presei se consideră valoarea: F`≥1,3 F care ține seama de efectul solicitărilor la încovoiere, de uzura cuțitelor şi de neuniformitățile grosimii tablei.

Din cauza forțelor de frecare care iau naştere între material şi matriță este necesar să se aplice o forță suplimentară pentru desprinderea materialului de pe poanson, respectiv pentru eliminarea materialului din matriță. În primul caz, forța de tăiere se majorează cu (4-6)% şi cu (6-22)%, în al doilea caz.

Placa tăietoare se construieşte în una din variantele reprezentate în figura 4.7.

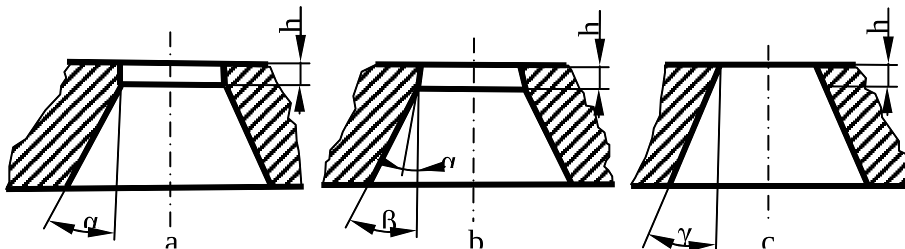


Figura 4.7. Variantele constructive ale plăcii tăietoare

Înălțimea de lucru a plăcii tăietoare este h, depinde în funcție de grosimea materialului care urmează a fi ştanțat. Astfel: pentru grosimi mai mici de 0,5 mm, h=3-5 mm; grosimi cuprinse între 0,5-5mm, h=5-10mm, iar pentru executarea pieselor de grosimi 5-10 mm, h=10-15mm. Unghiul α are valori cuprinse între 3-5°.

Deoarece placa activă conică la reascuțire îşi măreşte dimensiunile, unghiul degajării conice se execută între 45’ şi 1°30’. Elementele active ale matrițelor sunt supuse unor solicitări cu şocuri, prezentând totodată, o intensă concentrare a tensiunilor pe muchiile sau suprafețele active. De aceea poansoanele şi plăcile tăietoare se execută din oțel carbon se scule în cazul când au o formă simplă şi din oțeluri de scule aliate cu crom în cazul când au o formă complicată. Pentru piese de foarte mare serie (ca de exemplu tole din tablă silicioasă) este nevoie de o durată de viață foarte mare şi placa tăietoare se echipează în zona de tăiere cu armături din aliaje dure (arbură de wolfram).

Matrițele folosite se pot clasifica după diferite criterii:

a) Din punct de vedere tehnologic:

- după felul operației şi modul de combinare al acestora (matrițe de tăiere: retezare, decupare, şlițuire, perforare);
- după numărul operațiilor executate simultan la o lovitură a berbecului presei. Din acest punct de vedere distingem:
  1. **Matrițe simple** (unioperaționale):
  2. **Matrițe combinate** (multioperaționale).

Acestea din urmă urmă pot fi la rândul lor:

2.a. matrițe cu înaintare sau cu pas;

2.b. matrițe bloc.

b) Din punct de vedere constructiv matrițele se clasifică în:

- matrițe fără ghidare;
- matrițe cu ghidare.

c) Din punct de vedere al modului de exploatare matrițele se clasifică:

- după felul avansului şi aşezării semifabricatului;
- după felul de scoatere a pieselor ştanțate;
- după procedeul folosit la înlăturarea deşeurilor.

4.4. Procesul tehnologic de deformare la rece

Procesul tehnologic de deformare la rece schimbă forma şi dimensiunile materialului prelucrat fără a produce o modificare importantă a masei acestuia.

Deformarea plastică are la bază proprietatea corpurilor de a-şi schimba forma sub acțiunea forțelor exterioare, fără să-şi distrugă integritatea.

Prin aplicarea unei forțe exterioare F, asupra unui corp, în acesta apar tensiuni interne, care tind să-i modifice forma şi dimensiunile. Această modificare, numită deformare, trece prin diferite etape, care reprezintă dependența efortului specific $\sigma_o = F/A_0$ (A_0 fiind aria secțiunii transversale a corpului asupra căruia acționează forța, considerată perpendicular pe direcția forței), funcție de deformația relativă $\delta = \Delta l/1_0$.

De remarcat că tensiunile normale nu provoacă deformații plastice oricât ar fi de mari, având loc o rupere fragilă. Deformațiile plastice sunt produse de tensiuni tangențiale, care dacă depăşesc o anumită limită distrug materialul prin forfecare.

Procesul de deformare plastică are loc după planele cristalografice cu densitate maximă, care constituie plane de alunecare.

Deformarea plastică se face prin alunecare (figura 4.8.a) sau prin maclare (figura 4.8.b).

Procesul alunecării şi maclării are loc în salturi, şi datorită deformațiilor rețelei cristaline şi fărâmițării cristalelor, materialul devine mai rezistent.

Procesul de deformare plastică este influențat de:

- structura materialului şi compoziția sa chimică;
- temperatura;
- gradul de deformare plastică;
- viteza de deformare.

Procesul de deformare plastică se supune unor legi dintre care cele mai importante sunt următoarele:

1. Legea volumului constant. În urma procesului de deformare plastică volumul materialului rămâne practic constant:

$$V_0 = V_1 = V_2 = \ldots = V_n = \text{constant}$$

2. Legea rezistenței minime. În urma procesului de deformare plastică, elementele de volum se vor deplasa în direcția în care ele întâlnesc cea mai mică rezistență. Conform acestei legi, părțile elementare de volum se vor deplasa pe drumurile cele mai scurte.

3. Legea similitudinii. În timpul deformării plastice, lucrul mecanic consumat (W) pentru modificarea formei geometrice a corpurilor asemenea (confecționate din acelaşi material şi în condiții identice) este proporțional cu volumele (V) sau greutățile (G) ale corpurilor:

$$W1/W2=V1/V2=G1/G2= a^3$$

Forțele necesare deformării plastice sunt proporționale cu secțiunile.

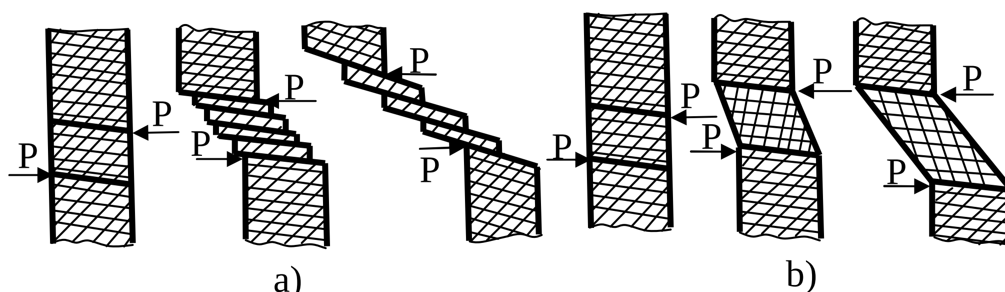


Figura 4.8. Schema deformării plastice
a - prin alunecare; b - prin maclare

4. Legea echilibrării tensiunilor suplimentare. În corpul deformat, după comprimarea datorată acțiunii forțelor externe, rămân tensiuni interne. Aceste tensiuni se echilibrează reciproc după încetarea acțiunii forțelor exterioare.

Repartizarea acestor tensiuni este neuniformă deoarece straturile deformate mai pronunțat tind să tragă straturile vecine mai puțin deformate, iar ultimele caută să împiedice deplasarea primelor.

Tensiunile remanente suplimentare sunt de trei categorii:

- de ordinul întâi, care se echilibrează reciproc între zonele mari ale corpului supus deformării;
- de ordinul doi, care se echilibrează reciproc între doi sau mai mulți grăunți;
- de ordinul trei, care se echilibrează în interiorul fiecărui grăunte.

Deformarea plastică la rece se produce în matrițe care au tot două părți, dar fără muchii tăietoare. Forma lor permite deformarea materialului.

După forma pe care o capătă materialul după deformarea la rece distingem mai multe operații:

- **îndoirea** – obținerea unei piese curbate dintr-un semifabricat plan;
- **ambutisarea** – transformarea semifabricatelor plane în piese cave de diferite forme;
- **fasonarea** – schimbarea formei semifabricatului sau a piesei prin deformări locale de diferite forme;
- **formarea** – modificarea profilului, a configurației sau a grosimii semifabricatului printr-o redistribuire a volumului şi printr-o anumită deplasare a masei de material.

Schema **procesului de îndoire** este prezentată în figura 4.9. În urma îndoirii, straturile de metal din interiorul tablei se deformează în mod diferit: stratul de metal din interiorul unghiului de îndoire se comprimă, se scurtează pe direcția longitudinală şi se întinde în direcție transversală. Straturile exterioare (din partea plăcii de îndoire) se întind în direcție longitudinală, comprimându-se în direcție transversală.

Între aceste două straturi, se află stratul neutru, a cărui lungime rămâne neschimbată, fiind egală cu lungimea inițială a semifabricatului.

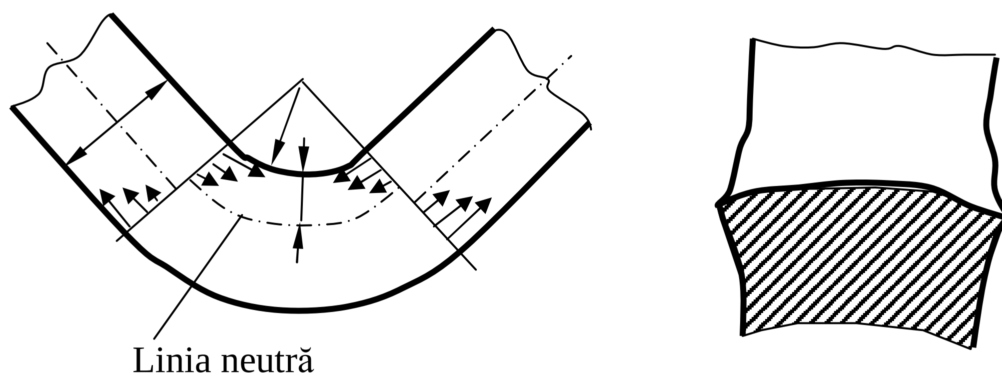


Figura 4.9. Schema procesului de îndoire

Când banda îndoită este îngustă, se produce o deformare puternică a acesteia în secțiune transversală: grosimea tablei pe porțiunea îndoită se micşorează mult, iar lățimea în interiorul îndoiturii creşte cu formarea unei curburi, partea exterioară îngustându-se, după cum se observă în secțiunea din figura 4.9.

Fazele procesului de îndoire pot fi urmărite în figura 4.10..

În cursul îndoirii are loc o micşorare treptată a razei de curbură şi a distanțelor dintre punctele de sprijin. La sfârşitul îndoirii, piesa capătă forma poansonului şi a plăcii de formare pe care se suprapune complet.

Raza de îndoire are o valoare minimă admisibilă, determinată de plasticitatea materialului, până la care în stratul exterior, cel mai solicitat, nu se produc fisuri sau rupturi.

Deformarea plastică la îndoire este însoțită şi de o deformare elastică. După terminarea operației de îndoire, deformația elastică a piesei dispare şi dimensiunile ei se modifică față de cele ce au fost determinate de forma poansonului. La dimensionarea poansonului se ține seama de acest fenomen de arcuire.

Ambutisarea este prelucrarea prin deformare la rece, prin care un semifabricat plat se transformă într-o piesă de formă cavă, printr-una sau mai multe operații succesive.

Principiul procesului de ambutisare este prezentat în figura 4.11. Ambutisarea se poate face fără inel de fixare (figura 4.11.a), sau cu inel de fixare (figura 4.11.b).

Se ambutisează fără inel de fixare piese cu înălțimea relativă h/d mică. La înălțimi relativ mari, ambutisarea fără inel conduce la formarea de cute pe suprafața laterală sau pe flanşa piesei şi eventual la rupturi.

Forța pe care trebuie să o dezvolte presa pentru a executa ambutisarea piesei se determină însumând forța de ambutisare cu forța de strângere.

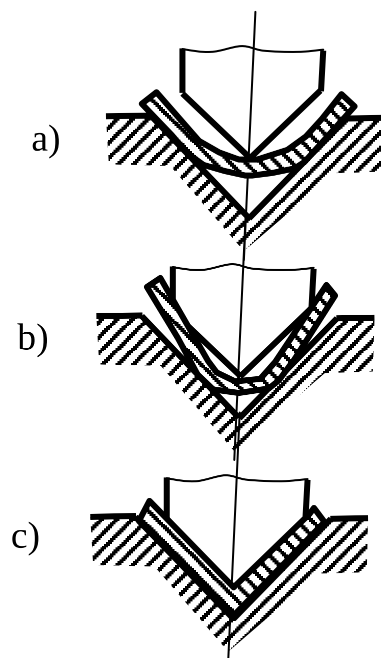


Figura 4.10. Fazele procesului de îndoire

Forma discului, în cazul când piesa de ambutisat este un corp de revoluție, este circulară. Diametrul discului (semifabricatului) se determină din egalitatea volumelor discului şi a piesei de ambutisat. La ambutisarea fără subțiere se egalează aria discului cu aria totală a piesei.

O problemă importantă la procesul tehnologic de ambutisare este cea a **ambutisărilor succesive** (figura 4.12.). Ea se utilizează datorită faptului că, în general, nu se poate trece dintr-o singură ambutisare de la diametrul semifabricatului la diametrul piesei.

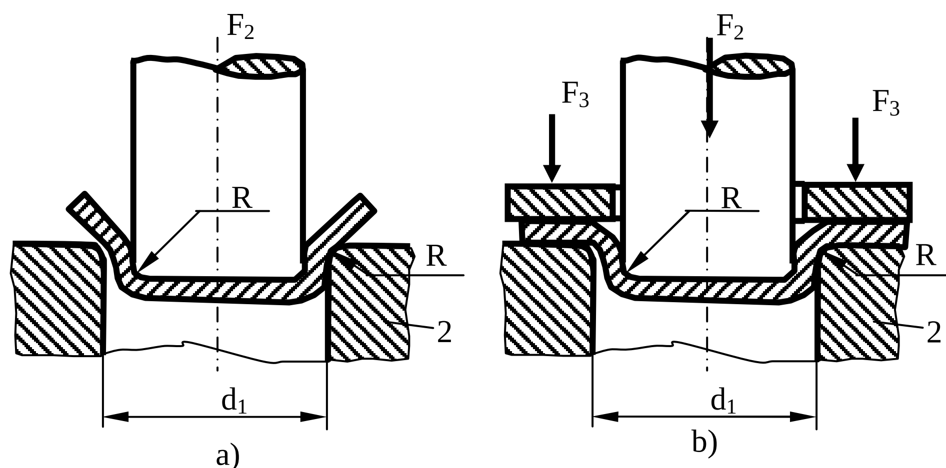


Figura 4.11. Schema procesului de ambutisare
a) fără inel de fixare, b) cu inel de fixare

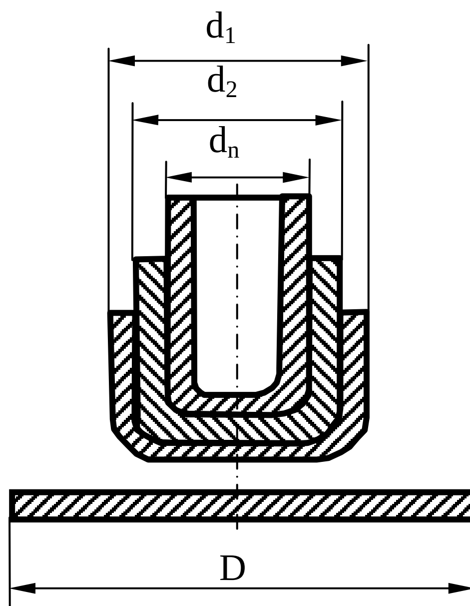


Figura 4.12. Ambutisări succesive

Înălțimea rezultată la piesa finală trebuie să includă adaosul necesar pentru tunderea marginilor. Diametrul semifabricatului se va dimensiona ținând seama de acest adaos.

4.5. Procesul tehnologic de impregnare

Impregnarea bobinelor constă în **umplerea cu lac electroizolant** a porilor izolației şi a golurilor ocupate de aer în bobinaj. Prin această operație se obține:

- mărirea conductibilității şi stabilității termice prin umplerea golurilor de aer cu compoziția de impregnare care se solidifică.
- mărirea stabilității la umezeală, în special la bobinele cu conductori izolați cu fibre vegetale (bumbac, mătase) prin umplerea porilor izolației;
- mărirea rigidității dielectrice a ansamblului prin acelaşi efect de umplere a golurilor existente între spire;
- mărirea rezistenței mecanice a bobinei eliminând posibilitatea deplasării spirelor şi straturilor, ca urmare a vibrațiilor sau eforturilor electromagnetice.

Procesul tehnologic de impregnare cuprinde trei etape principale:

- **uscarea preliminară** pentru îndepărtarea umidității, a cărei existență împiedică pătrunderea completă a compoziției de impregnare în porii izolației;
- **impregnarea** – operație care se efectuează la bobinele aparatelor electrice – prin scufundare în lac electroizolant;
- **uscarea finală** în timpul căreia se realizează polimerizarea răşinii şi evaporarea solventului.

Pentru bobinele ce urmează a lucra în condiții grele impregnarea se face în vid şi sub presiune, prin această mrtodă se micşorează durata operației şi deci creşte productivitatea.

Procesul tehnologic de impregnare se desfăşoară astfel:

- se introduc bobinele, aşezate în site, în autoclavă şi se usucă sub vid (600 mm Hg, durata aproximativă 10 minute);
- se introduce lacul (prin aspirație) preâncălzit la 60^{o} până ce acoperă complet bobinele. În această fază se menține vidul.
- se închide robinetul de vidare şi se deschide cel de la compresor, realizându-se o suprapresiune de 4-6 atm timp de 15-30 minute. În acest timp lacul umple golurile bobinajului.
- se evacuează lacul în rezervorul de lac;
- se scurge surplusul de lac de pe bobine;
- se scot bobinele din autoclavă;
- se usucă şi se produce polimerizarea lacului – în cuptor timp de 10h, la 120^{o}C.

În figura 4.13. s-au prezentat diagramele presiunii şi temperaturii în timpul procesului tehnologic de impregnare.

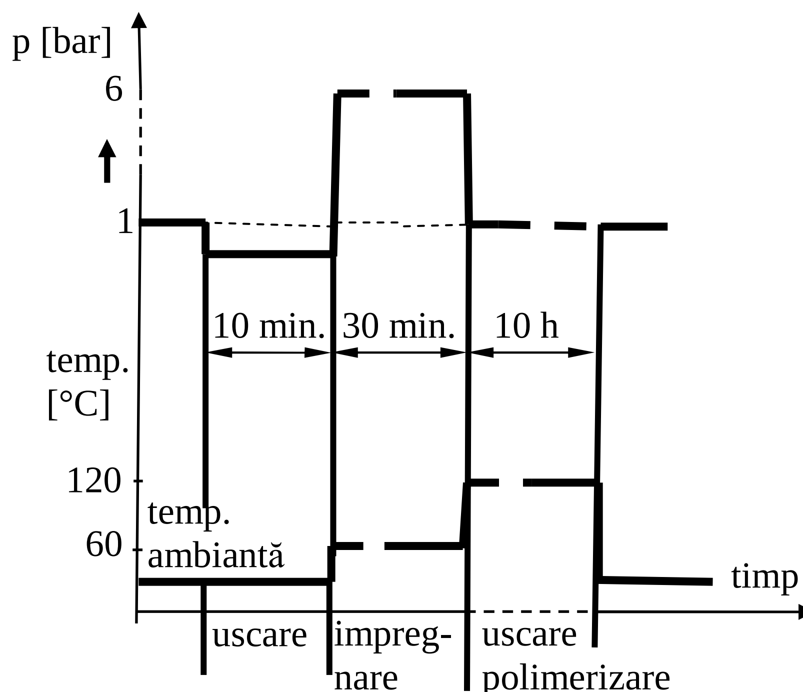


Figura 4.13.Caracteristicile procesului de impregnare în vid şi sub presiune.

Controlul procesului de uscare se face prin măsurarea rezistenței de izolație. În figura 4.14 s-a prezentat variația rezistenței de izolație şi a temperaturii în funcție de timp. Se observă că pe măsură ce se produce uscarea (şi polimerizarea) lacului, rezistența de izolație creşte, atingând o valoare de stabilizare.

Odată cu folosirea **lacurilor de impregnare fără solvent**, s-a dezvoltat un proces tehnologic modern „impregnarea prin picurare“.

Lacurile de impregnare fără solvent se solidifică practic fără contracție volumetrică. Prin adăugarea unui întăritor, lacul de impregnare pe bază de răşini epoxidice sau poliesterice se solidifică în urma unor reacții chimice. Reacțiile de formare ale macromoleculelor se petrec fără degajarea de produşi lichizi sau gazoşi astfel încât nu se produc goluri şi deci nu este necesară aplicarea suprapresiunii.

Timpul mic de întărire al materialului a permis automatizarea instalației de impregnare şi integrarea procedeului în ritmul de fabricație al benzilor tehnologice.

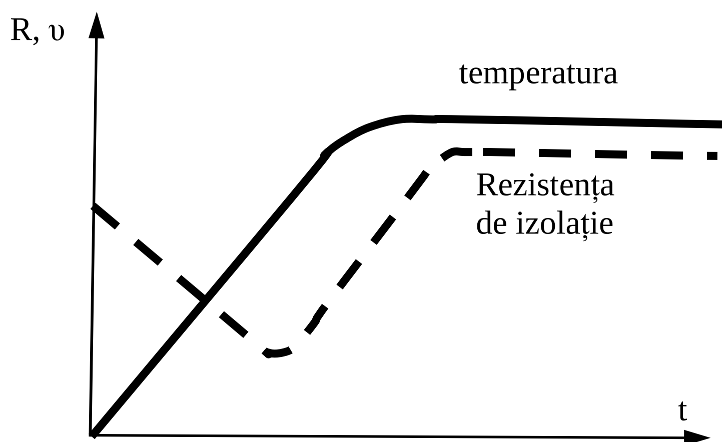


Figura 4.14. Variația rezistenței de izolație şi temperatura în timp

Principial, metoda de impregnare prin picurare constă în următoarele: amestecul de răşină – întăritor se aplică sub formă de picături sau jet pe bobinajul în rotație, preîncălzit. Răşina ajunge imediat la temperatura bobinajului, devine mai fluidă şi este dispersată din cauza mişcării de rotație peste întreg bobinajul. Energia calorică a bobinajului facilitează întărirea răşinii.

Amestecul de răşină – întăritor este picurat cu ajutorul unor duze pe înfăşurarea menținută (odată cu miezul) înclinată şi rotită cu circa 30 rotații/minut.

Încălzirea se realizează fie cu radiații infraroşii, fie prin racordarea directă a bobinajului la o sursă de tensiune – căldura dezvoltându-se prin efect Joule-Lenz. Cel de-al doilea procedeu este superior, deoarece permite un reglaj mai fin al încălzirii şi o economie considerabilă de energie, deoarece se încălzeşte numai bobinajul şi nu întreaga masă a pachetului de tole. Densitatea de curent, în acest caz, este de aproximativ 15 A/mm^2.

Viteza de picurare a răşinii se alege astfel ca bobinajul să poată primi întreaga cantitate picurată. Se dozează şi se amestecă numai atâta răşină, câtă este necesară pentru umplerea completă a bobinajului.

După picurare, subansamblul este adus în poziție orizontală, rotit în continuare şi încălzit atâta timp până când întreg amestecul se întăreşte.

Deci, în procesul tehnologic de impregnare prin picurare se pot distinge trei etape:

- etapa I – a – preîncălzirea bobinajului;
- etapa a II – a – impregnarea prin picurare;
- etapa a III – a – uscarea lacului de impregnare.

Impregnarea prin picurare poate fi făcută într-un singur tact (simplă) sau în mai multe (multiplă). În figura 4.15. este reprezentat principial procedeul de picurare într-un tact pentru statorul unui motor electric.

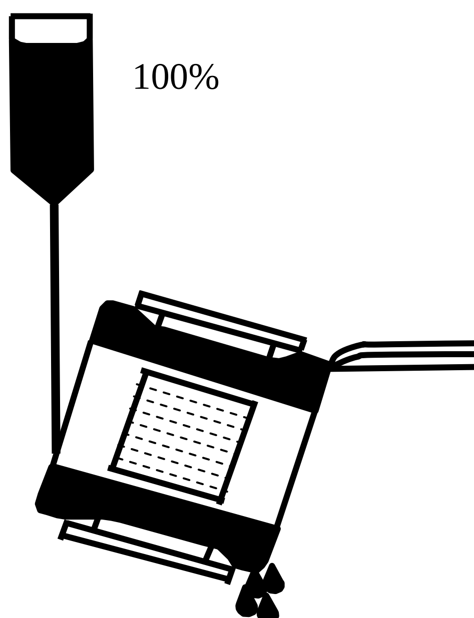


Figura 4.15 Principiul procedeului de picurare într-un tact

Picurarea multiplă se aplică pentru înfăşurările mai mari sau pentru construcții mai complicate de bobinaje, care cer o repartiție mai bună a răşinii (de exemplu, la motoare monofazate cu bobinaje separate, principale şi auxiliare, sau la statoare cu mai multe bobinaje, ca de exemplu, la motoarele pentru maşinile de spălat). În figura 4.16. este reprezentat principial procedeul de picurare în trei timpi.

Factorii ce influențează procedeul de impregnare prin picurare sunt: natura materialelor utilizate pentru izolația maşinii, pentru picurare, raportul răşină-întăritor şi temperatura înfăşurărilor.

Durata de picurare, debitul de răşină-întăritor, temperatura înfăşurărilor depind de tipul răşinii şi al întăritorului, corelate cu caracteristicile pachetului bobinat (diametral şi lungimea acestuia, factoral de umplere al crestăturii, tipul de înfăşurare şi de izolație).

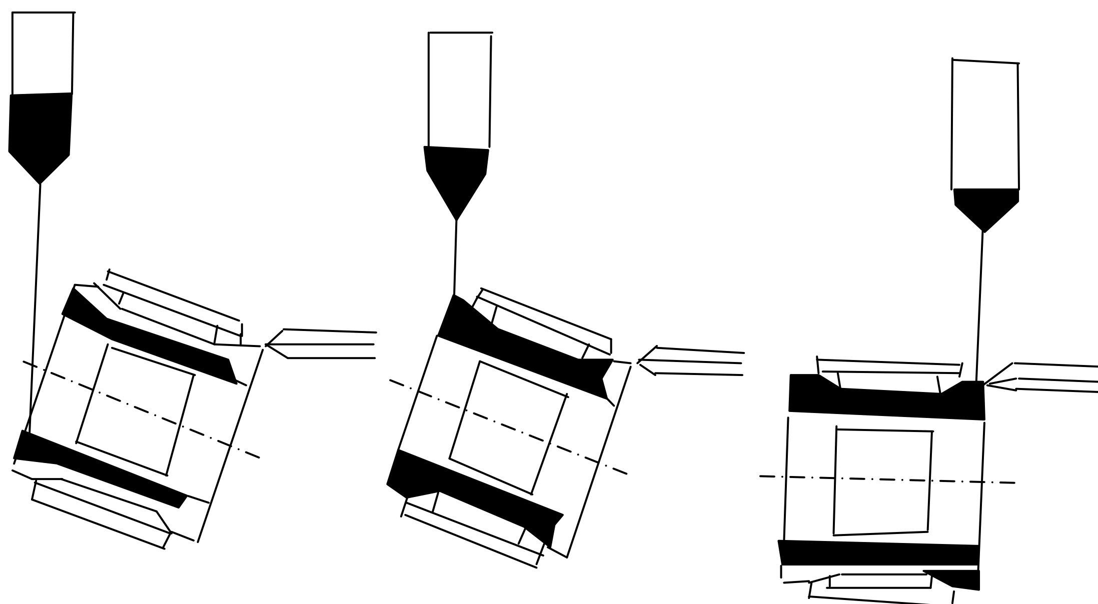


Figura 4.16. Principiul procedeului de picurare în trei timpi.

La folosirea materialelor uzuale ca izolație de crestătură şi pentru capetele de bobină trebuie avut în vedere că nu se poate obține o uscare completă a materialelor higroscopice în timpul scurt de preîncălzire. Se vor alege deci, materiale puțin higroscopice, sau acestea se vor depozita în încăperi uscate.

În figura 4.17 este reprezentată curba de variație a temperaturii la impregnarea prin picurare a rotoarelor cu răşini epoxidice (1) sau poliesterice (2).

Materialele folosite pentru impregnarea prin picurare sunt amestecuri complexe de răşină, întăritor şi accelerator, care se livrează de obicei separat. Proporția prescrisă de producător va fi respectată cu strictețe în limita toleranțelor indicate. Numai astfel se vor obține calitățile optime ale impregnării.

Răşinile poliesterice sunt, de obicei, formate din două componente, A şi B care au fost amestecate de fabricant cu un accelerator, în final rezultând o proporție de amestec 1:1. Componentele sunt livrate separat. Componenta A este de obicei sensibilă la temperatură şi razele solare şi trebuie deci păstrată în bune condiții (la rece şi întuneric).

Răşinile epoxidice au o proporție de amestec de circa 100:30. Se va evita un surplus de întăritor, care rămânând în exces, ar produce dizolvarea izolației sârmei bobinajului. Multe defecte apărute în exploatare au ca motiv dizolvarea izolației prin surplusul de întăritor (producându-se scurtcircuit între faze).

Încălzirea bobinajului se face prin efect Joule-Lenz sau prin radiații infraroşii.

Pentru a se mări rezistența bobinelor față de agresivitatea mediului ambiant, uneori se realizează **înglobarea acestora în răşini de turnare**. Se folosesc răşini epoxidice sau poliesterice.

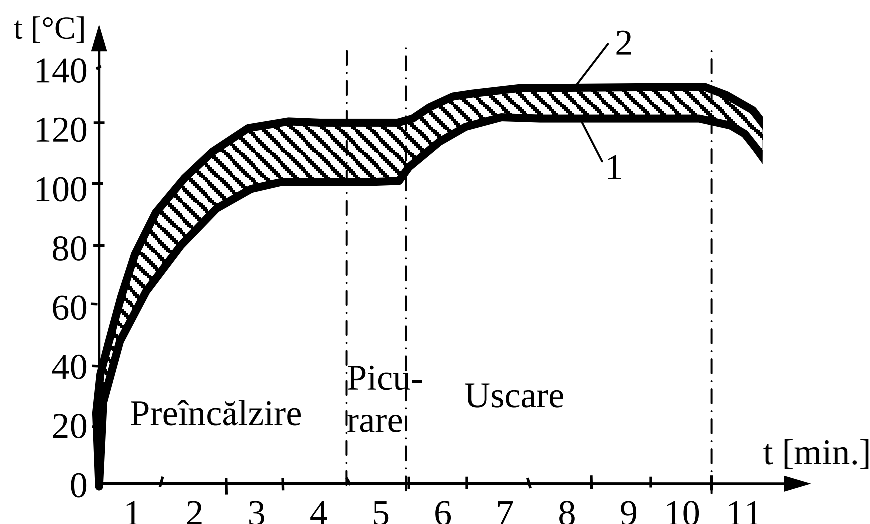


Figura 4.17. Variația temperaturii la impregnarea prin picurare
a rotoarelor cu răşină epoxidică (1) sau poliesterice (2).

Procesul tehnologic este similar cu cel prezentat la paragraful privind tehnologia răşinilor de turnare.

Operațiile principale sunt:

- uscarea în vid (în autoclavă) a bobinelor de înglobat;
- preâncălzirea formelor de turnare;
- prepararea şarjei de turnare şi anume deshidratarea şi măcinarea materialului de umplutură, amestecul acestuia cu răşina şi întăritorul, degazarea amestecului;
- turnarea răşinii în formele în care sunt introduse bobinele de înglobat;
- tratamentul termic în cuptor (de exemplu 3h la 110^{o}C) pentru întărirea răşinii;
- desfacerea formelor şi răcirea liberă.

În raport cu aceste operații pot apare mici modificări în funcție de specificul instalației utilizate şi de caracteristicile constructive, funcționale ale produsului.

4.6. Procesele tehnologice ale materialelor electroizolante

Cele mai utilizate materiale în tehnologiile de fabricare a pieselor electroizolante, la ora actuală, sunt **răşinile sintetice** (epoxidice) care cumulează o serie de proprietăți fizice, chimice, termice şi electrice superioare față de celelalte categorii de materiale electroizolante.

Răşinile sintetice se împart în două mari categorii: termoplastice şi termo-reactive (termorigide). O răşină este termoplastică dacă supusă acțiunii căldurii nu-şi schimbă proprietățile chimice, ci suferă doar o înmuiere, ce-i permite a fi presată sau turnată.

O răşină este termoreactivă dacă supusă acțiunii căldurii suferă o transformare chimică (întărire) ireversibilă.

Răşina sintetică are proprietăți mecanice şi electrice foarte bune şi poate îndeplini atât funcția de electroizolant cât şi pe cea de material de construcție.

Prima răşină termoreactivă – **răşina epoxidică** – a fost fabricată de firma elvețiană CIBA sub denumirea de ARALDIT.

Răşinile epoxidice se pot diversifica în funcție de utilizare în: răşini de impregnare, lipire sau turnare. În industria electrotehnică răşinile de turnare au dobândit o largă utilizare, în special, în domeniul transformatoarelor de măsură, permițând o libertate de concepție mai largă decât materialele electroizolante tradiționale (ulei, porțelan, hârtie).

Această caracteristică se explică prin faptul că răşinile epoxidice prezintă o fluiditate ce permite turnarea lor în forme, pentru realizarea profilului constructiv optim. Datorită acestui fapt transformatoarele turnate în răşină au dimensiuni de gabarit mult mai mici decât cele ce utilizeazău materiale electroizolante clasice, iar prețul lor se reduce considerabil.

Totodată, răşinile epoxidice absorb puțină apă, nu sunt atacate de insecte sau mucegai, şi deci pot fi utilizate în codiții de mediu tropical.

Tabelul 4.1. Caracteristicile tehnice ale răşinilor ARALDIT şi DINOX 10E.

Tipul răşinii / Caracteristica	U.M.	ARALDIT F HY 957	DINOX 110E anhidridă ftalică
Rezistența la tracțiune	N/mm^2	75...85	78
Rezistența la încovoiere	N/mm^2	135...155	9,5...13,5
Modul de elasticitate	N/mm^2	3500...3900	6600...8700
Rezistivitatea de volum la 23 °C	$\Omega \cdot cm$	10^{15}	10^{15}
tg δ	%	1	1,5
Constanta dielectrică ε		4...5	3,7...5,5
Rigiditatea dielectrică	kV/cm	160...200	250...300
Greutatea specifică	Kg/dm^3	1,7...1,8	1,5...1,8

Principalele **proprietăți ale răşinilor epoxidice** sunt:
– prelucrabilitate uşoară, fără să fie necesare încălziri sau presiuni ridicate;
– întărirea răşinii se face fără degajare de gaze;
– contracția la răcire este redusă (0,2-2%);
– rezistența mecanică este bună;
– proprietăți dielectrice bune (rezistivitate de volum şi de suprafață foarte ridicate);
– rezistență mare la acțiunea agenților chimici (acizi, baze), umiditate, mediu salin.

Ca principal dezavantaj al acestor răşini se menționează costul lor relativ ridicat.

Răşinile epoxidice cuprind în compoziţia lor:

– **diluanţi**, pentru obţinerea unei vâscozităţi scăzute a răşinii, necesare la turnarea pieselor electroizolante de forme complicate, sau la unele impregnări. Diluanţii măresc contracţiile la răcire, crescând pericolul de fisurare;

– **materiale de umplutură**, pentru mărirea conductibilităţii termice şi reducerea contracţiilor, precum şi a preţului de cost.

Cele mai utilizate materiale de umplutură sunt: cuarţul, azbestul, mica, fibrele de sticlă ş.a. Materialele de umplutură, prin amestec în exces cu răşina epoxidică, fac ca aceasta să devină casantă;

– **plastifianţi şi felxibilizatorii**, se adaugă la compoziţia răşinii pentru a asigura o elasticitate sporită, scăzând astfel tensiunile interne şi deci pericolul de fisurare;

– **acceleratorii (întăritorii)**, modifică viteza de întărire a răşinii, în sensul creşterii acesteia, scurtând astfel durata proceselor tehnologice. Întăritorii influenţează însă negativ proprietăţi mecanice şi electrice ale răşinii;

– **coloranţii**, care nu trebuie să se descompună sub acţiunea căldurii, dar trebuie să posede o putere de coloraţie mare, astfel încât cantităţi neglijabile să determine o culoare stabilă. Se folosesc drept coloranţi **oxidul de fier** şi **rodamina**.

Răşinile epoxidice de turnare servesc la confecţionarea prin turnare a unor piese izolante masive, precum şi la etanşări şi înglobări în răşină a unor părţi ale echipamentelor electrice.

Stabilitatea termică a acestor răşini, funcţie de materialele de umplutură utilizate, este între 155-180 °C.

Utilajele pentru turnarea răşinilor epoxidice se împart în: utilaje pentru topirea răşinii, utilaje pentru pregătirea materialelor de umplutură, autoclave pentru amestecarea răşinii cu materialul de umplutură, vase de amestecare a răşinii cu întăritorul, autoclave de turnare, dozatoare, instalaţii de încălzire, de menţinere constantă a temperaturii, instalaţii de vid etc.

În figura 4.18 se prezintă schematic fazele procesului tehnologic de turnare a răşinii epoxidice.

Introducerea materialului de umplutură în răşina topită conduce şi la introducerea unei mari cantităţi de aer, care dăunează proprietăţilor răşinii, fiind necesară o operaţie de degazare forţată a amestecului, executată în vid (0,1...0,3 mmHg), la temperatura de fluidizare. Operaţia facilitează şi evacuarea amestecului spre dozator şi autoclava de turnare. Amestecarea răşinii cu întăritorul se face în stare topită, sau întăritorul, măcinat din se introduce sub forma de pulbere în răşina topită.

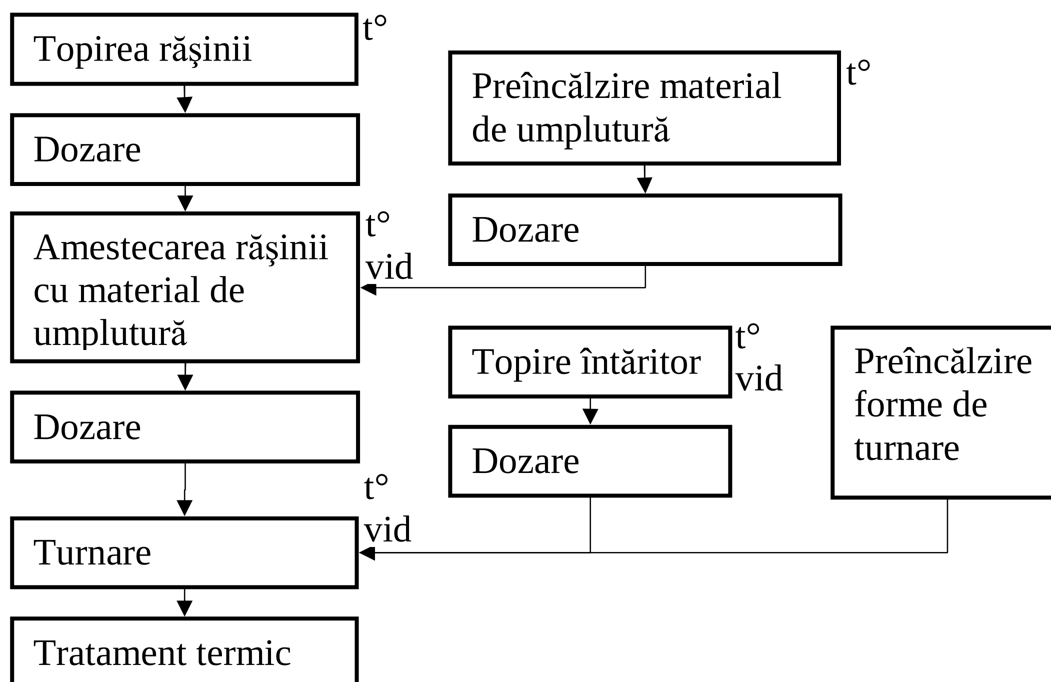


Figura 4.18. Pprocesul tehnologic de turnare a răşinii epoxidice.

Tratamentul termic al răşinii se efectuează prin menținerea acesteia în formele de turnare timp de 3 ore la o temperatură de 110 °C, iar după desfacerea formelor timp de 10 ore la o temperatură de 120 °C. Răcirea răşinii trebuie realizată lent, cu aproximativ 8 °C pe oră.

Formele utilizate la obținerea pieselor izolante din răşini epoxidice de turnare pot fi: metalice (Ol, Al, Am), din răşini epoxidice, sau din policlorură de vinil.

Formele de turnare trebuie să satisfacă următoarele cerințe:

– să evite formarea incluziunilor de aer;

– să permită umplerea de jos în sus a formei;

– să fie etanşe, evitând scurgerea răşinii fluide;

– să asigure, la piesele cilindrice, o conicitate de 1-5° pentru uşurarea scoaterii piesei din formă;

– suprafața interioară a formei să fie prelucrată îngrijit. Pentru a evita aderarea piesei electroizolate turnate la suprafața formei, suprafață ce se acoperă cu diluanți.

În vederea turnării se execută o serie de operații de pregătire a formelor metalice cum sunt:

– curățirea suprafeței care vine în contact cu răşina, prin decapare chimică (cu hidroxizi de Na, la formele din Ol şi soluții de acid sulfuric la formele din Al sau Am), urmată de spălări abundente;

– acoperirea cu demulanți, prin pensulare sau prin pulverizare;

– uscarea în etuvă, la o temperatură de 130 °C timp de o oră.

Utilizarea formelor metalice are avantajul unui mare număr de refolosiri a acestora, dar devine nerentabilă la fabricarea pieselor de serie mare, cu forme complicate şi voluminoase, din cauza numărului mare de forme necesare tunării simultane.

Formele de răşini epoxidice se pot obține mai ieftin, în număr nelimitat, după un singur model, dar au dezavantajul că se pot utiliza de un număr limitat de ori (de ordinul zecilor), sunt fragile la cald şi necesită o preîncălzire mai îndelungată datorită conductivității termice mai reduse a răşinii comparativ cu metalul.

Piesele izolante executate din răşini epoxidice de turnare pot fi prelucrate prin aşchiere. Astfel, pentru strunjire se utilizează scule confecționate din oțel rapid, din aliaje dure (carbură de tungten), sau diamantate. Se recomandă ca sculele să nu aibă muchii prea ascuțite, ci cu o uşoară rază de curbură. Burgierea pieselor din răşină epixidică solicită puternic sculele utilizate, care sunt de asemenea confecționate din oțel rapid sau aliaje dure. Filetarea pieselor din răşini epoxidice este o operație dificil de executat, recomandându-se, îndeosebi în cazul răşinilor cu materiale de umplutură dure (cuarț, ardezie), preîncălzirea acestora în vederea filetării la cca. 65 °C.

Tăierea răşinilor cu fierăstrăul se poate executa numai la cele fără material de umplutură, sau cu materiale de umplutură moi (talc).

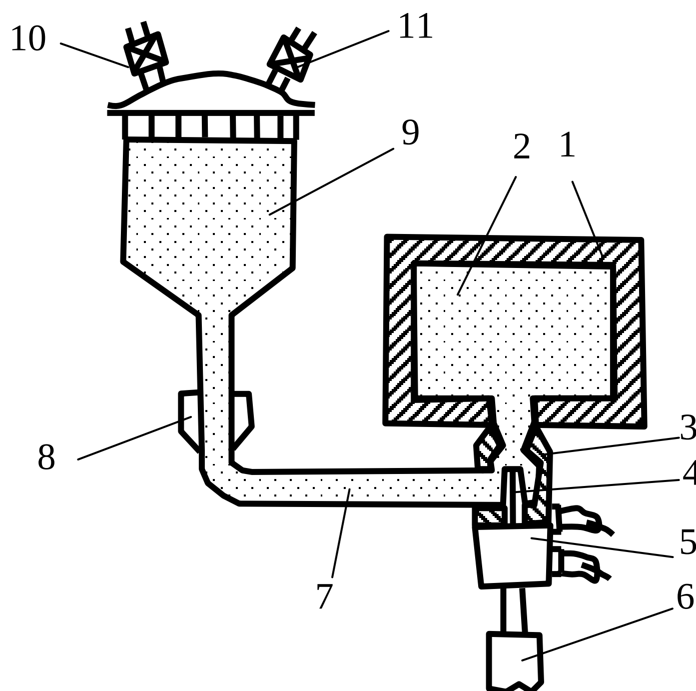


Figura 4.19. Schema de principiu a instalației de turnare sub presiune (TSP)

1 – cochilă; 2 – incintă de turnare; 3 – cap de turnare; 4 – poantou; 5 – comandă pneumatică, 6 – cilindru pneumatic; 7 – conductă de legături; 8 – recipient intermediar de încălzire; 9 – incintă de amestec; 10 – robinet de aducție; 11 – robinet de presiune.

Este cunoscut şi aplicat astăzi tot mai mult procedeul de **turnare sub presiune** a răşinilor epoxidice (TSP).

Acesta are avantajul folosirii unor maşini de injectat fără piston mobil sau melc pentru introducerea masei în cochilă.

Masa de turnare ajunge în recipientul (9) prin robinetul (10) prin absorbția cu vid. După umplere, masa de turnare este menținută în recipientul (9) sub o presiune de 0,5-3 barr (robinetul 11 deschis), capul de turnare (3) fiind adus spre cochila (1) cu ajutorul cilindrul pneumatic (6). Poantoul (4) se deplasează în poziția deschis prin comanda pneumatică (5), răşina umplând incinta (2). Până la sfârşitul procesului de întărire, amestecul de turnare rămâne sub presiune, apoi poantoul (4) revine în poziția închis.

Prin procedeul TSP se realizează un progres important în tehnologia răşinilor de turnare, deoarece a cest proces tehnologic prezintă avantajele:

– fabricării de piese izolante în serie, prin reducerea duratei de imobilizare a cochilei, ciclul de fabricație depinzând puțin de mărimea formelor de turnare;

– reproducerii exacte dimensionale a pieselor ce rezultă din cochilă;

– micşorarea cheltuielilor de fabricație datorită timpului de lucru mic ce revine la un reper şi a cheltuielilor de amortizare reduse;

– obținerea unor piese finite fără necesitatea unor prelucrări ulterioare;

– consum energetic redus, datorită simplicității obținerii amestecului de turnare (la temperaturi moderate) şi reutilizării căldurii absorbite în corpul cochilei de turnare prin reacția externă la turnări repetate;

– durata mare de utilizare a cochilei, datorită manevrării automate, fără şocuri sau lovituri ş.a.

Răşinile epoxidice de presare, datorită fluidității lor excepționale în stare topită, se folosesc în principal pentru înglobarea pieselor metalice, pe care le acoperă cu straturi subțiri, sau pentru umplerea formelor de dimensiuni foarte mici.

Spre deosebire de răşinile epoxidice de turnare, cele de presare nu introduc la răcire tensiuni interne intense.

Răşinile de presare au o mare stabilitate dimensională, precum şi o bună rezistență la solicitările climatului tropical umed. Datorită prețului ridicat de cost se utilizează doar la construcția pieselor electroizolante utilizate în condiții grele de exploatare (temperatură, umiditate, presiune, solicitări mecanice etc.).

Răşinile epoxidice de impregnare, au ca aplicație specifică, alături de impregnarea bobinelor, obținerea de materiale stratificate, realizate prin impregnarea materialului suport cu un liant, urmată de unirea acestora prin presiune şi temperatură.
Până la apariția răşinilor epoxidice, materialele stratificate se realizau pe bază de hârtie sau pânză, impregnate cu răşini formaldehidice, rezultând produsele cu denumirea de „pertinax“ şi „textolit“.

Tabelul 4.2. Comparație între tehnologiile de turnare a rășinilor

Nr. crt.	TURNARE CLASICĂ (sub vid)	TURNARE PROCEDEUL TSP
1.	Pregătire material	Pregătire material
2.	Montarea cochilelor pentru fiecare turnare în parte, manual	Montarea cochilei o singură dată pe platoul maşinii de turnat
3.	Încălzirea recipientului de turnare sub vid şi a întregii instalații de preparare la 120 °C şi menținerea temperaturii	Încălzirea cochilei în mod continuu prin convecție pe platoul maşinii
4.	Introducerea cochilelor în recipiente de vacuum	Închiderea formei cu ajutorul acționării hidraulice şi pneumatice
5.	Umplerea sub vid cu masa de turnare la 15-20 barr	Umplerea cochilei cu ... de turnare la 1-4 barr
6.	Umplerea cochilelor sub vid cu masa de turnare la 15-20 barr	Menținerea presiunii de 1-4 barr timp de 10-40 minute
7.	După umplere-vidare, timp de 5-10 min	Deschiderea formelor cu dispozitivul hidraulic şi scoaterea piesei din cochilă
8.	Scoaterea cochilelor din recipientul de turnare şi trecerea lor în cuptoare de întărire	Tratamentul termic al procesului decofrat în cuptoare etuvă 140 °C timp de 8-10 ore
9.	Menținerea la temperatura de 120-130 °C timp de 3-4 ore în vederea întăririi	–
10.	Decofrarea cochilelor	–
11.	Tratament termic la 120 °C timp de 8-10 ore	–
12.	Prelucrări ulterioare pe produsul turnat	–
13.	Procesul se repetă de la punctul 2 cu o perioadă de cel puțin 4-5 ore	Procesul se repetă de la punctul 5 cu o perioadă de 15-45 minute

Tabelul 4.3. Caracteristicile tehnice ale celor două procedee de turnare

Nr. crt.	Caracteristica	Turnare vid	Turnare TSP
1.	Temperatura compoziției	115-125 °C	25-40 °C
2.	Temperatura cochiliei	120-140 °C	150-180 °C
3.	Necesar de forme pentru a produce piese în greutate de 2 kg cu un ritm de 4 buc. în 1/2 h.	30-40	1 (cochilă cu 4 cuburi)
4.	Timp de prelucrare a 100 kg amestec [ore]	24	4
5.	Timpul după care este posibilă deschiderea cochilei [ore]	4	0,3
6.	Timp pentru prelucrări anterioare [min/buc]	10-20	–
7.	Procent de rebuturi	5-8	1
8.	Necesar de energie – %	100	25
9.	Umplerea formei	Subiectiv	Automatizat
10.	Deschiderea-închiderea formei	Manual	Mecanic
11.	Direcția de formare a structurii spațiale de întărire	Din interior spre exterior	Dinspre pereții cochilei spre interior respectiv spre orificiul de turnare

Prin introducerea răşinilor epoxidice în tehnologia de lucru s-au obținut materiale electroizolante stratificate cu proprietăți mecanice şi electrice superioare. Suportul folosit pentru aceste materiale sunt fibrele organice sau anorganice (hârtie, bumbac, fibre de sticlă sau azbest) obținându-se spre exemplu material stratificat „sticlotextolit" sau „sticlostratitex" .

Deoarece fibrele din care se execută țesăturile sunt acoperite în cursul procesului tehnologic de realizare a lor cu uleiuri emulsionate (ancolaj) şi alte emulsii (dextrină), care micşorează puterea de adeziune a răşinii pe fibra de sticlă, este necesară înlăturarea acestor emulsii înainte de realizarea impregnării.

Îndepărtarea ambalajului se realizează prin supunerea țesăturii la un tratament termic mai îndelungat, alternat cu spălări cu apă. Pentru sporirea aderenței răşinii la țesătură, aceasta se poate acoperi cu substanțe chimice pe bază de compuşi ai cromului.

Pentru obținerea materialelor stratificate se utilizează două metode:

a) **Metoda umedă**, care se aplică, în general pentru obținerea unor materiale stratificate de serie mică şi constă în impregnarea țesăturii de sticlă cu o răşină epoxidică şi un agent de întărire adecvat.

Presarea se face imediat după impregnare, cu materialul încă umed, la o presiune de cca. 3-5 barr; pentru întărirea completă a materialului stratificat, se aplică un regim termic de circa 1-2 ore la 120 °C.

Conținutul optim de rășină este de cca. 35-45%, funcție de conținutul de sticlă.

b) **Metoda uscată**, care se foloseşte pe scară largă, deoarece oferă posibilitatea obținerii unor şarje mari şi chiar a depozitării timp de câteva luni a materialului impregnat înainte de a fi presat. Conform metodei, țesătura de sticlă se impregnează în răşină dizolvată în prealabil într-un solvent adecvat, în care se introduce şi întăritorul. Materialul impregnat la temperatura normală este trecut ulterior printr-un cuptor de uscare, unde se evaporă solventul, iar țesătura rămâne uscată, fiind posibilă stocarea ei până la operația de presare. Se utilizează întăritori care la temperatura normală nu reacționează cu răşina.

Țesătura astfel impregnată se supune unei presiuni de cca. 20 barr la prese hidraulice multietajate, cu încălzire electrică şi cu un sistem de răcire cu apă pentru reglarea încălzirii.

Țesăturile (preimprimate) alese se aşează în pachete, între 2 foi de tablă lustruite şi unse în prealabil cu un demulant, apoi se presează. Întărirea definitivă a liantului şi obținerea unui material cu proprietăți optice se realizează printr-un tratament termic ulterior, cu o creştere şi cădere treptată a temperaturii pentru a evita deformările sau apariția fisurilor.

Tratamentul termic se aplică în trei etape:

– o preîncălzire, necesară mai ales în cazul utilizării metodei umede, când formele sunt încălzite pentru a determina întărirea imediată a răşinii şi evitarea scurgerii dintre foliile materialului suport. În cazul metodei uscate, preîncălzirea este necesară pentru a fluidiza răşina din materialul impregnat, asigurându-se astfel o întindere cât mai bună, cât mai omogenă, pe folia materialului suport;

– o încălzire în timpul presării, care depinde de tipul răşinii utilizate şi de tipul întăritorului; de regulă se presează la o temperatură de 150 °C, timp de 15 min;

– un tratament termic ulterior presării, realizat timp de 8 ore la o temperatură de 160 °C, urmat de o răcire treptată, prin care se îmbunătățesc caracteristicile mecanice.

Proprietățile mecanice şi electrice ale materialelor stratificate obținute din răşini epoxidice, sunt superioare celor ale răşinilor de turnare. Spre exemplu rigiditatea dielectrică este mărită datorită prezenței suportului de sticlă.

Adezivii epoxidici se prezintă sub forma unor lichide, a căror vâscozitate poate varia mult, sau sub formă de prafuri sau corpuri solide. Adezivii epoxidici, în amestec cu alte răşini sau substanțe, se pretează la lipirea pieselor supuse în exploatare la temperaturi de până la 300 °C. Pentru asigurarea unei compoziții bune a adezivului, se caută să se apropie cât mai mult coeficientul de dilatare termică a peliculei de adeziv de cel al peliculelor lipite. Modificarea acestui coeficient se realizează prin modificarea cantității de material de umplutură folosit.

Într-o serie de aplicații în care aliajele şi metalele cu punct scăzut de topire nu dau rezultate satisfăcătoare sau nu pot fi folosite, se utilizează amestecurile adezive, pe bază de răşini epoxidice, cu un bogat conținut de pulberi metalice, mai ales pulberi de Ag. Utilizarea adezivilor epoxidici trebuie făcută cu discernământ având în vedere prețul lor de cost ridicat.

Pentru fabricarea **unor piese electroizolante** care intră în construcția echipamentelor electrice de înaltă tensiune, cum ar fi distanțierele, tijele, pârghiile, suporturile etc. pentru care nu se cere o precizie dimensională deosebită, se utilizează cel mai frecvent procedeul turnării la rece a răşinilor epoxidice, utilizându-se forme din PVC, simple sau profilate, fără a fi necesară utilizarea demulanților. Temperatura de lucru la turnare la rece a răşinii epoxidice este cuprinsă între 20-80 °C. Procesul de turnare are loc la presiune normală, piesele rămânând în cochilă circa 6 ore. După decofrare, piesele electroizolante se lasă timp de 20-25 ore la temperatura mediului ambiant pentru polimerizare.

Piesele electroizolante având ca suport pânza de sticlă şi realizate sub turnare sub vid prezintă proprietățile mecanice şi dielectrice foarte bune. Ele se confecționează sub diverse forme, cele mai uzuale fiind barele, țevile, tuburile şi plăcile şi se utilizează în principal în construcția întrerupătoarelor de medie şi înaltă tensiune, ca tije electroizolante, cilindrii electroizolanți, camere de stingere.

Piesele obținute prin acest procedeu pot fi strunjite, găurite, filetate, lustruite, lăcuite şi vopsite.

Materialul de bază este țesătura de sticlă, cu o împletitură având un număr de ochiuri determinat pe unitatea de suprafață, cu fir simplu sau dublu răsucit. Pânza de sticlă trebuie să aibă o transparență adecvată care să asigure impregnarea corectă, uniformă, cu rezultate favorabile în ceea ce priveşte etanşarea la uleiul mineral sau aerul comprimat şi rezistența mecanică la presiunile ridicate ce apar la stingerea arcului electric. În țară a fost asimilată, pânza de sticlă tip ROVING, firele folosite la țesere având diametrul de (10-13,7 μm), adaosul de compuşi siliconici fiind sub 1%. Procente mai mari duc la pierderea transparenței.

Pentru confecționarea cilindrilor simpli, pentru camerele de stingere se folosesc:

– dornuri metalice;

– maşini de înfăşurat cu presor drept;

– cochilă metalică, în care se introduce dornul metalic înfăşurat în țesătură de sticlă;

– maşină de mandrinat, ce permite extragerea dornului din interiorul cilindrului impregnat.

Se înfăşoară un strat de țesătură de sticlă, după care lasă presorul cu o forță de 2 kgf/cm^2, reglată prin reductorul de presiune al maşinii. Se înfăşoară pânza pe dorn. Se introduce dornul înfăşurat prin rotire în cochilă, după care se centrează prin bride.

Procesul tehnologic comportă operațiile de preîncălzire, impregnare şi polimerizare, care se realizează astfel:

– Se introduce platoul pe care sunt fixate cochilele în cuptor, unde se lasă pentru preîncălzire timp de 8 ore de la introducere, la temperatura de 135 °C.

– După preîncălzire se introduce platoul în clopote de turnare, unde se lasă 40 de minute pentru stabilizarea temperaturii, după care se realizează operația de vidare până la 50 torr.

– După obținerea vidului prescris se toarnă în cochile amestecul de 100 părți răşină şi 30 părți alhidridă.

– După terminarea umplerii cochilelor, aceasta se introduce sub o presiune de 8 atm., timp de 30 min, după care se scot din clopote.

– Ansamblul platou-cochilă se introduce în cuptorul de polimerizare, unde se menține timp de 14 h la temperatura de 135 °C.

– Se transportă ansamblul platou sub grinda de extragere unde se ancorează şi se extrag dornurile polimerizate, extracția realizându-se fără smucituri sau şocuri ce ar produce ruperea sau fisurarea cilindrilor.

Se retează la capete cilindrul brut după care se extrage dornul metalic, cilindrul putând fi supus unor prelucrări mecanice ulterioare.

Încercarea de tip la rezistență mecanică a cilindrului izolant se realizează în tuneluri de beton armat, introducând ulei mineral sau apă la presiunea de 200 atmosfere, pentru o scurtă durată. Această probă modelează regimul dinamic care apare în camera de stingere la deconectarea curenților de scurtcircuit. Înaintea de introducerea uleiului mineral are loc purjarea prealabilă (eliminarea bulelor de aer) pentru evitarea pericolului de explozie datorită compresibilității aerului.

Pentru încercarea de serie a cilindrilor la etanşare, părțile frontale se prevăd cu flanşe oarbe, aplicate etanş, prin una din acestea cu un racord corespunzător se introduce aer comprimat la 4-6 atmosfere. Cilindrii astfel pregătiți se introduc într-un vas cu apă, urmărindu-se dacă apar bule de aer, semn că există zone în care etanşarea nu este corespunzătoare, fie datorită nepătrunderii răşinii între ochiurile pânzei de sticlă, fie neetanşărilor de la armarea flanşelor sau capacelor. În general, remedierea acestor neetanşeități este foarte dificilă, aproape imposibile.

Ultima operație o constituie lăcuirea cilindrilor, prin care se asigură acoperirea superficială cu un strat electroizolant stabil şi etanş la umezeală.

Dintre abaterile şi defecțiunile tehnologice ce pot apărea se amintesc:

Impregnarea insuficientă cu răşină a ochiurilor pânzei de sticlă cu implicații asupra etanşărilor.

Acesta se poate datora fie:

a) insuficientei fluidități a răşinii (din cauza temperaturii prea scăzute sau a duratei prea lungi de amestecare);

b) calitatea necorespunzătoare a pânzei de sticlă (ochiuri prea mici sau prezența unor enzime în țesătură);

c) vidului şi presiunii de lucru cu valori sau durată necorespunzătoare, etc.

Metoda pentru determinarea aplicării unei tehnologii corecte de impregnare este cântărirea.

O altă defecțiune poate apărea când cilindrul conține prea multă răşină şi puțină pânză, ceea ce reduce considerabil rezistența mecanică a cilindrului. Se recomandă cântărirea înainte de impregnare cu refacerea corespunzătoare a înfăşurării.

Pentru obținerea izolatoarelor de medie şi înaltă tensiune în ultimul timp se înlocuieşte tot mai mult porțelanul cu răşini epoxidice.

Tabelul 4.4. Comparație între proprietățile porțelanului şi răşinilor epoxidice.

Caracteristica	Unit. de măsură	Porțelan	Răşină epoxidică	
			cu material de umplutură	fără material de umplutură
Greutate specifică	gf/cm^3	2,3-2,5	1,7-1,8	1,2-1,3
Rezistența la şoc	cm kg/cm^2	1,8-2,2	6-7	9,12
Rezistența la tracțiune	kgf/mm^2	2-3,2	7,5-8,5	6-8

Materialul de umplutură în cazul răşinii cu întărire la cald, utilizat la fabricarea prin turnare a izolatoarelor de înaltă tensiune, este praful de cuarț, în proporție de 200% din greutatea răşinii. Din compararea caracteristicilor izolatoarelor din porțelan şi din răşini epoxidice, rezultă că se pot realiza izolatoare din răşină care să fie echivalente celor din porțelan şi ale căror dimensiuni să fie reduse în proporție de 1/2, ceea ce atrage după sine o importantă reducere de greutate, de până la 1/4 sau chiar mai mult.

Reducerea dimensiunilor izolatoarelor se poate accentua prin înglobarea în acestea a unor ecrane de dirijare a potențialului, astfel ca izolatoarelor să nu fie uniform solicitate.

În realizarea izolatoarelor lungi necesare întreruptoarelor, răşina se toarnă în jurul unui cilindru de porțelan, ceea ce prezintă următoarele avantaje:

– evită conicitatea tehnologică de 1-5°, care la lungimi mari conduce la înrăutățirea funcționării întreruptorului;

– prin pretensionarea porțelanului ca urmare a contracției răşinii la întărire se măreşte rezistența acestuia la presiunile ce apar în procesul de stingere a arcului electric.

Pentru executarea **camerelor de stingere** pentru întreruptoare de medie şi înaltă tensiune, materialele de umplutură sunt talcul şi praful de cuarț ($U_n \leq 30$ kV), respectiv fibrele de sticlă pentru tensiuni de serviciu peste 30 kV.

Plăcile sub formă de discuri se prelucrează cu atenție astfel încât să nu prezinte exfolieri şi bavuri la margini.

Se sortează discurile şi se înlătură cele necorespunzătoare; verificarea după ştanțare se face vizual, ştanța fiind astfel proiectată încât să asigure configurația discului conform desenului de execuție. Se rebutează discurile la care apar defecte de material, exfoliere.

– Montarea discurilor în ansamblu cameră de stingere, utilizând o placă de bază în care se înşurubează prezoanele de strângere ale camerei de stingere. Se verifică perpendicularitatea acestora pe placa de bază.

– Se introduce camera în dispozitivul de presat şi se verifică cota de înălțime H, după care se strâng piulițele pe prezoane.

Prezoanele se execută din poliamidă electrotehnică prin injecție. Se evită folosirea materialelor izolante stratificate la care există pericolul exfolierii filetului la apariția presiunii gazelor datorată arcului electric. Un astfel de defect poate duce la umflarea camerei de stingere în zona pe lungimea prezonului exfoliat producând blocajul tijei de contact mobil în timpul cursei de deschidere şi posibila explozie a întreruptorului.

– Strunjirea ansamblului cameră de stingere – diametrul exterior este adus la cotele finale, cu toleranțe strânse iar în placa de bază din sticlostratitex se prelucrează orificiul pentru montarea tulipei de contact fix. Existența unui joc larg între tulipă şi lăcaşul strunjit, pe lățime, are efect nefavorabil asupra funcționării camerei de stingere la comutație, datorită depresurizării acesteia.

– Se ajustează bavurile de la prelucrare, după care camera se curăță cu aer comprimat pentru înlăturarea aşchiilor de la prelucrare.

– Uscarea sub vid (0,3...0,1 torr) în cuve special amenajate, timp de 8 ore la 100...105 °C.

– După uscare se scot camerele de stingere din cuve şi se strâng prezoanele pentru a evita jocurile create între discuri.

– Impregnarea cu ulei sub vid la 40...60 °C, 0,3...0,5 torr.

– Se scot camerele de stingere din cuva de impregnat şi se introduc într-o cuvă cu ulei deschisă, unde rămân până când sunt preluate de atelierul de montaj. Până la montarea în ansamblu pol şi carter al întreruptorului, camerele de stingere se păstrează în pungi de polietilenă. Livrate la beneficiar ca piese de rezervă, în pungile de polietilenă se introduce silicogel pentru absorbția umidității.

Un alt exemplu de utilizare a pieselor armate îl constituie tehnologia realizării **suporturilor port perii** a motoarelor de c.c.

– Suporturile izolante se execută din răşină epoxidică, având rigiditatea dielectrică de 25-30 kV/mm şi rezistivitatea electrică de 10^{13} Ω ·cm.

– Răşina se amestecă cu praf de cuarț (20-30% cuarț) şi cu întăritorul, într-o izolație de amestec de mare productivitate, la 18-20 °C, timp de 30-40 minute. Se pregătesc formele de turnare prin curățirea cu solvenți (tricloretilenă) şi gresare cu ulei siliconic, urmată de o uşoară încălzire la 40-50 °C.

– Se execută turnarea liberă, evitându-se cavitățile sau incluziunile gazoase.

– Se răceşte în mediu ambiant şi apoi se introduc în etuvă la 150-155 °C timp de 10-12 ore pentru realizarea polimerizării amestecului epoxidic. Se răcesc apoi la temperatura ambiantă timp de 1-2 ore.

– Se îndepărtează formele de turnare.

– Se debavurează şi se şlefuiesc suporturile obținute.

4.6.1. Procesul tehnologic de armare a izolatoarelor

Fixarea izolatorilor echipamentelor electrice se realizează cu ajutorul unor piese metalice intermediare numite armături. Operația de fixare a acestor piese pe izolator se numeşte armarea izolatorului.

Soluțiile tehnologice de armare trebuie să ofere o îmbinare sigură cu aderență îndelungată între suprafețele care se îmbină (porțelan – masă de armare – armătură).

Masa de armare trebuie să prezinte:

a) elasticitatea mare, nefiind casantă, pentru a putea suporta corespunzător şocurile şi solicitările dinamice produse de vânt, manevrele mecanice şi solicitările electrodinamice;

b) rezistență ridicată la solicitările produse de agenții climatici: umezeală, praf, depuneri de suspensii chimice, ceață etc.;

c) variații reduse de volum cu temperatura (valorile coeficienților de dilatare termică ai acesteia să nu difere față de cei ai porțelanului şi armăturii).

Soluția de armare trebuie să fie eficientă, productivă, să nu producă strangulări în fluxul tehnologic final al produsului general, stocări de utilaje, SDV-uri, să nu necesite spații mari de montaj şi depozitare.

Există două criterii distincte de clasificare a tehnologiilor de armare:

– **după tipul soluției tehnologice de armare**:
  - a) armare mecanică;
  - b) armare chimică;

– **după poziția armăturii**;
  - a) armare interioară;
  - b) armare exterioară.

Armarea mecanică se realizează prin interpunerea între izolatorul ceramic şi armătură a unor piese electrice ce asigură fixarea rigidă a izolatorului cu ajutorul frecării crescute prin forța de apăsare la montaj. Este o armare reversibilă. Armarea mecanică necesită cote extrem de precise ale izolatorului şi armăturilor; în general întreprinderea furnizoare de izolatoare nu poate asigura această precizie decât cu prețul unor rebuturi însemnate.

Constructiv, această armare se realizează:

a) cu piese din mase plastice;

b) cu piese metalice arcuitoare;

c) cu strângere cu organe de asamblare filetate.

Armarea chimică se realizează cu chituri de armare, care sunt amestecuri bazate pe diferite cimenturi, litargă, sulf, răşini sintetice.

Realizarea cotelor de gabarit cu toleranţă mult mai strânse decât la armarea mecanică este posibilă datorită folosirii dispozitivelor tehnologice de armare ce asigură totodată o fixare rigidă şi o centrare a poziţiei reciproce izolator-armătură. Dispozitivele asigură fie armarea individuală fie simultană a mai multor izolatoare.

La armarea chimică cu ciment se impun condiţii speciale legate de depozitarea lui în buncăre sau încăperi uscate (nu se admite depozitarea în straturi suprapuse) şi de durata depozitării ce trebuie să fie mai mică de 30 de zile. Masa de armare este un mortar, compusă din amestecul cimentului cu apă plus masa de adaos (formată fie din porţelan măcinat, cu granulaţia de 0,5-1,5 mm, fie din nisip de cuarţ) cu rolul de a elasticiza masa de armare. Suprafeţele ceramice şi ale armăturii se acoperă în prealabil cu lac bituminos şi plastic, foarte adeziv, numit azolin, cu rolul de a prelua diferenţele de volum datorate construcţiei masei de armare sau dilatării armăturilor precum şi rolul de a realiza o bună aderenţă.

Amestecul de armare trebuie folosit în timp de 30 de minute, după care cimentul intră parţial în priză. Înaintea armării, suprafeţele trebuie să fie curate, în caz contrar fiind periclitată aderenţa armăturii.

Izolatoarele se fixează în dispozitivele de centrare. În timpul armării, masa de armare se introduce manual (cu o spatulă). Pentru buna pătrundere a cimentului, izolatoarele fixate în dispozitiv sunt supuse vibraţiilor timp de 1 minut. Izolatoarele se menţin în dispozitiv timp de 24 de ore, după care se scot cu atenţie şi se plasează într-un spaţiu pentru umezire (priza cimentului are loc în condiţiile unei umeziri intensive).

Cea mai bună tehnologie de umezire se asigură în condiţiile aburirii în cuptoare (autoclave) cu abur saturat (95% umiditate la 75 °C).

Umezirea are ca scop stabilizarea proceselor fizico-chimice din masa de armare. După umezire, izolatoarele se usucă pe stelaje liber timp de 96 de ore la 15-25 °C.

Probele electrice se recomandă a se efectua după 3-8 zile de la armare.

Armarea chimică în sulf, este o armare reversibilă. Ca masă de armare se foloseşte sulful obţinut prin topire sau distilare şi nu prin extragere de minereuri cu ajutorul solvenţilor.

Ca masă de adaos se foloseşte nisipul de cuarţ, cu granulaţia calibrată, ce asigură creşterea rezistenţei mecanice (fără masa de adaos sulful este sfărâmicios, casant).

Masa de armare se obţine astfel: se topeşte sulful la 130 °C ±10 °C (sub 120 °C – sulful se solidifică rapid, peste 140 °C – apar spume sau băşici în masa de sulf, provocând porozitatea acesteia) în recipiente cu pereţi dubli prin care circulă agentul de încălzire.

După topirea integrală a sulfului se introduce masa de adaos. După fluidizarea masei de armare, se încarcă în cala de turnare şi se toarnă în spaţiul de armare.

În prealabil, piesele metalice se încălzesc lent şi uniform cu lampa de benzină sau cu un arzător de gaz îmbuteliat, sau în cuptoare. În timpul turnării se aplică armăturilor lovituri slabe, pentru eliminarea golurilor de aer.

Întărirea se face prin răcirea masei de armare. Armarea cu sulf este sensibilă la lovituri, şocuri şi umezeală. Vaporii de sulf sunt toxici şi se impune turnarea sub hote absorbante.

Armarea chimică cu răşini sintetice. Masa de armare este formată dintr-o răşină cu întărire la rece (anhidridă ftalică) şi masa de adaos – porțelan măcinat.

Se prevăd garnituri de carton electroizolant între armături şi izolator pentru dilatărilor termice. Armarea se realizează în condiții de acuratețe deosebită. Masa de armare fiind vâscoasă, există riscul apariției spațiilor goale.

Operația de armare poate dura maxim 15 minute, după care întărirea pastei nu mai poate asigura o bună armare. Izolatorii armați se pot folosi după cca. 12 ore de la armare.

Costul chitului de armare din răşină este de cca. 90 de ori mai mare decât costul chitului de ciment iar armarea este ireversibilă.

Armarea cu chit de plumb este recomandabilă în condițiile unor exigențe sporite privind rezistența mecanică.

Masa de armare este plumbul aliat cu antimoniu.

Topirea se realizează într-un recipient, sub hote absorbante. Armarea se execută prin fluidizarea treptată a plumbului la 300 °C ±10 °C şi aliat cu antimoniu. Are loc preîncălzirea prealabilă a armăturilor izolatorilor.

Unele echzipamente de înaltă tensiune, precum şi cele de joasă tensiune sunt, în ansamblul lor, sau pe părți înglobate în răşină, situație care conferă acestora proprietăți funcționale sporite. Astfel, spre exemplu, un transformator de măsură înglobat în răşină prezintă față de cel în ulei, următoarele avantaje:

– o reducere importantă a gabaritului şi greutății;
– nu prezintă pericol de explozie sau incendiu;
– elimină problema verificării nivelului şi calității uleiului;
– are transmisivitate termică şi rigiditatea dielectrică ridicate;
– poate fi montat în orice poziție;
– poate fi realizat într-o diversitate mare de forme cu o tehnologie relativ simplă.

La transformatoarele de măsură de putere şi tensiune mare se obişnuieşte înglobarea în răşină doar a înfăşurării primare şi a unei părți din circuitul magnetic. La transformatoarele de tensiune, având în vedere numărul mare de spire a acestora, înainte de turnarea în răşină se realizează impregnarea înfăşurărilor.

4.6.2. Procesul tehnologic de acoperire cu pelicule electroizolante

Acoperirea cu pelicule de material plastic este necesară pentru izolarea pieselor metalice, în anumite condiții de funcționare sau pentru obținerea unei pelicule aderente, elastice, etanșe, rezistente mecanic, cu proprietăți de autoungere, în condițiile de deplasare reciprocă a două piese metalice (exemplu: la pistoanele mecanismelor oleo-pneumatice, pentru asigurarea simultană a etanșeității mediilor separate de piston, în condițiile unei presiuni înalte – 300 atm.).

Masele plastice pulverulente utilizate sunt:

– rășini termoplastice (vinilice, poliamidice, poliesterice). Aceste materiale au un punct de topire ridicat, nu permit obținerea de pelicule subțiri, de aceea se folosesc rar;

– rășinile termorigide (epoxidice, acrilice). Aceste materiale au un punct de topire scăzut, permit obținerea de pelicule subțiri și cu aderență foarte bună.

Există trei procedee tehnologice de acoperire:

– prin scufundarea pieselor în cuve cu materiale plastice pulverulente (rășină pulverulentă – rilsan). Procedeul se mai numește imersie termică în pat fluidizat de rășină pulverulentă;

– acoperirea pieselor metalice încălzite și rotite, cu jet de mase plastice pulverulente (rilsanare termică cu pistolul);

– acoperirea pieselor metalice prin procedee electrostatice.

Procesul tehnologic de acoperire cu mase plastice pulverulente cuprinde următoarele operații:

– curățirea pieselor ce se acoperă;

– asperizarea suprafețelor prin sablare, asigurându-se aderența necesară;

– încălzirea în prealabil a pieselor, dacă acoperirea se face prin procese termice; temperatura este impusă de natura masei plastice și a materialului piesei (Cu, Al, Ol);

– depunerea peliculei de masă plastică printr-unul din procedeele enumerate.

Cantitatea de pulbere depusă și deci grosimea peliculei, depinde de gradul de preîncălzire al pieselor, volumul pieselor metalice și caracteristicile masei plastice.

La acoperirea prin depunere electrostatică, câmpul electric creat între piesa conectată la masă și matricea de electrozi conectată la borna de înaltă tensiune a generatorului asigură un nor constant și eficient de granule ce să acopere uniform întreaga suprafață a piesei. Grosimea peliculei se modifică reglând valoarea tensiunii aplicate între piesă și matricea de electrozi. Eficiența sporită a procedeului, în ceea ce privește uniformitatea grosimii peliculei, este asigurată și de rotirea și bascularea piesei.

Prin procedeul de acoperire termică cu pistolul se obține un strat gros și neuniform al peliculei. Procedeul este utilizat și la obținerea unor bucșe din mase plastice. Acest procedeu conduce la pierderi importante de pulbere.

Granulația prea fină a particulelor produce efecte dăunătoare de turbulență și aglomerări ce pot obtura duza de injecție.

Stabilitatea termică a stratului depus se realizează prin tratamente termice, în cuve termostabile, cu apă caldă, sau autoclave. În urma unui astfel de tratament peliculele îşi mențin elasticitatea, putând fi astfel utilizate eficace ca suprafețe cu coeficient de frecare redus, asigurând o etanşare corespunzătoare.

4.7. Protecția anticorozivă

Condițiile de depozitare, transport şi utilizare ale aparatelor electrice contribuie la menținerea sau înrăutățirea caracteristicilor electrice, funcționale, mecanice şi estetice ale acestora.

Rezistența la acțiunea mediului exterior depinde de materialele şi construcția adoptate, corespunzătoare solicitărilor factorilor care intră în componența acestui mediu (umiditate, temperatură, praf, microorganisme, bacterii, insecte, vibrații, şocuri, ciocniri).

Împărțirea climatică a Pământului în scopuri tehnice, conform STAS 6532–62, se face în patru zone principale:

a) **Climatul rece**, se caracterizează prin temperaturi ale aerului în timpul iernii, sub –40 °C, acoperiri de gheață, zăpezi, vânturi puternice; vara nu diferă prea mult de climatul temperat.

b) **Climatul temperat**, se caracterizează prin temperaturi între –30 °C iarna şi +30 °C vara. În aceste zone regiuni nu apar simultan diferențe de temperaturi mai mari de 20 °C şi umiditate relativă peste 80%.

c) **Climatul cald umed**, se caracterizează prin existența simultană a umidității relativ ridicate (90%) şi temperaturi ridicate ale aerului cel puțin12 ore din zi şi minim 2 luni pe an, radiații solare puternice, rouă, nisip, praf, averse de ploaie.

d) **Climatul cald uscat**, se caracterizează prin temperaturi ridicate ale aerului (+55 °C), cu umiditate relativ scăzută (30...50%), radiații solare foarte puternice, variații diurne mari ale temperaturii aerului, mult nisip şi praf.

În afara acestor climate distincte se definesc şi alte condiții speciale de climă în care sunt utilizate echipamentele electrice, cum ar fi:

1. **Straturi atmosferice înalte**: vârful munților, nave cosmice şi avioane. Acestea se caracterizează prin temperatură şi presiuni scăzute (temperatura scade cu înălțimea în jur de 4 °/1000 m, iar presiunea cu aproximativ 1 mmHg /100 m până la 1000 m, înălțime, apoi rarefierea este progresie geometrică). Densitatea aerului creşte apoi în pătura ionosferică unde şi densitatea de sarcini electrice este mare. Straturile atmosferice înalte se caracterizează prin variații cu viteze mari de temperatură şi presiune.

2. **Vapori marini**: care prin condensare dau ceață şi săruri ce se depun pe echipamente ş.a.

Condițiile normale definite în STAS 10327–76 pentru clima temperată, pentru aparate destinate a fi utilizate în interior sunt:

– temperatura: +5...40 °C (temperatura normală +20 ° ±5 °C);
– presiunea: 750 ±30 mmHg (altitudine până la 2000 m);
– umiditate relativă 65 ±15% (max. 80%);

Afară de climatul general, există **microclimatul**, datorat unor condiții strict locale. Astfel, la condițiile țării noastre distingem:

– **microclimatul maritim**, cu săruri de ioduri, cloruri ş.a. care sunt foarte corosive;
– **microclimatul fluvial**, cu umiditate atmosferică 95-100%, dar fără prezența sărurilor;
– **microclimatul feroviar**;
– **microclimatul minier**, cu umiditate mare şi prezența gazelor grizu.

În legătură **cu condițiile de exploatare** în care trebuie să lucreze aparatele electrice se deosebesc următoarele categorii:

Categoria I – condiții uşoare de lucru, caracterizate prin atmosferă lipsită de gaze agresive, cu variații mici de temperatură şi umiditate, curată şi uscată, fără gaze industriale.
Aceste condiții se întâlnesc în încăperi special amenajate, închise, încălzite iarna;

Categoria a II-a – condiții medii de lucru, cărora le corespunde prezența în cantități mici a prafului şi gazelor industriale, precum şi variații mai mari de temperatură şi umiditate. Acestor condiții trebuie să le facă față aparatele electrice destinate să funcționeze în hale industriale, în exploatări subterane sau în aer liber, fără a fi însă expuse direct ploii şi radiațiilor solare;

Categoria a III-a – condiții grele de lucru, caracterizate prin prezența în cantități mari a prafului, a gazelor industriale, umiditate ridicată sau variații mari de temperatură şi umiditate (mediu marin). Acestor condiții trebuie să le corespundă aparatele electrice al căror loc de funcționare este exterior, supus direct acțiunii ploii şi radiațiilor solare;

Categoria a IV-a – condiții foarte grele de lucru, în care predomină prezența concomitentă a temperaturii şi umidității ridicate, sau a atmosferei umede, puternic agresivă, cu conținut important de săruri, care favorizează în mod deosebit coroziunea.
Pe baza celor menționate rezultă că este necesară studierea influenței mediului ambiant asupra funcționării echipamentelor cu destinație tehnică, ceea ce constituie climatologia tehnică.

Tipurile de protecție climatică pentru produsele tehnice sunt:

TF – protecția contra acțiunilor factorilor climatici din climatul cald umed, cald uscat şi climatul rece;

THA – protecția contra acțiunii factorilor climatici din climatul cald umed şi din climatul cald uscat;

TH – protecția contra factorilor atmosferici din climatul cald-umed ş.a.

Inițialele folosite sunt: T – Tropiens – tropical (cald); A – Aridus – uscat; H – Humidus – umed; F – Frigidus – frig.

4.7.1. Influența factorilor externi asupra echipamentelor electrice

Umiditatea: Umiditatea relativă în condiții normale (80%) apare ca o peliculă de 0,01...0,001 μm grosime la suprafața corpurilor. Odată cu creşterea temperaturii, grosimea peliculei se măreşte şi intră prin porii materialelor, dilatându-se prin înghețare şi prin evaporare. Acționează prin coroziune asupra metalelor; asupra materialelor electroizolante acționează micşorând rezistența de izolație de suprafață şi volum, scade tensiunea de străpungere; asupra circuitelor electrice acționează modificând parametrii electrici ai componentelor electrice, înrăutățind factorul de calitate.

Temperatura: influențează în cea mai mare măsură echipamentele electrice prin acțiunea pe care o are asupra proprietăților materialelor. La temperaturi ridicate metalele îşi modifică modul de elasticitate, creşte rezistența electrică, se deformează, dilatându-se; la temperaturi ceva mai ridicate, aliajele se topesc. La temperatură scăzută materialele anorganice şi metalele îşi înrăutățesc proprietățile plastice, iar sub anumite temperaturi aceste proprietăți dispar complet; materialele plastice devin casante.

Rezistențele electrice cresc cu temperatura, condensatoarele ceramice îşi modifică constanta dielectrică, foliile de polistiren se înmoaie etc.

Radiațiile solare acționează prin temperatura ridicată pe care o realizează pe echipamente, dar şi prin energie luminoasă ce are un rol catalizator în reacțiile chimice în special prin descompunerea substanțelor organice izolante sau de protecție. Acțiune importantă în construcția de echipamente electrice o are asupra polietilenei, modificând rețeaua tridimensională a etilenei polimerizate.

Praful şi nisipul: împreună cu umiditatea relativă ridicată, scad rezistența de izolație micşorând tensiunea de străpungere dintre părțile conductoare aflate sub tensiune; acționează ca substanțe abrazive între părțile mecanice aflate în mişcare, creând jocuri, înrăutățesc contactele electrice, conducând chiar la întreruperi în circuit.

Presiunea scăzută a atmosferei: modifică constantele dielectrice, factor important spre exemplu pentru condensatoarele variabile.

Microorganismele realizează o acțiune asupra materialelor metalice, corodându-le prin procese metabolice. Acționează în acelaşi mod asupra sticlei. Coroziunea microbiană asupra materialelor metalice este mult mai rapidă, frecventă şi mai dăunătoare echipamentelor electrice, prin distrugerea izolațiilor electrice.

Acoperirea suprafețelor izolante cu **mucegaiuri, bacterii, licheni, alge** ce mențin umiditatea ridicată, determină înrăutățirea parametrilor electrici.

Factorii biologici pot avea o acțiune mecanică distrugătoare: de exemplu deteriorarea lemnului casetelor echipamentelor ş.a.

Factorii dinamici acționează în special asupra aparatelor portabile în timpul transportului sau manipulării, sau asupra aparatelor întrebuințate pe maşini de transport: nave, avioane, automobile, etc.

Acționarea acestor factori se poate manifesta prin: forfecări ale conexiunilor; oboseala pieselor; uzura; procesul de distrugere a suprafețelor de contact, ş.a.

Umiditatea, ca agent chimic, acționează prin oxidarea metalelor, a acoperirilor de protecție a materialelor electroizolante, favorizând coroziunea electrochimică, acțiunea chimică a factorilor biologici.

Apă sărată sau ceața marină, au o acțiune puternică de corodare a metalelor şi a acoperirilor de protecție din cauza clorului şi a acizilor diluați dizolvați în ea.

Acizii, scot repede din starea de funcționare un echipament electric neprotejat prin oxidarea puternică şi formarea de săruri ce se interpun la contactele electrice.

Bazele din atmosferă, acționează de asemenea în sensul înrăutățirii caracteristicilor aparatelor; de exemplu sulful, provoacă sulfurarea în special a suprafețelor metalice (contactele electrice), iar amoniacul împreună cu apa formează acizi ce au influență dăunătoare, mai ales asupra contactelor electrice şi asupra esteticii echipamentelor electrice.

4.7.2. Acoperiri de protecție a echipamentelor electrice

Peliculele protectoare față de acțiunea factorilor climatici şi mecanici se pot obține prin următoarele metode:

– ungerea pieselor cu unsori neutre din punct de vedere chimic;

–galvanizarea, adică depunerea pe cale electrochimică a unei pelicule subțiri din alt metal, mult mai rezistent chimic decât materialul de bază;

– metalizarea, adică depunerea la cald a unui metal protector;

– modificarea structurii metalului prin tratament chimic superficial, astfel încât să se obțină pe suprafața sa componenți mult mai rezistenți din punct de vedere chimic. Sunt cuprinse aici metodele de protecție prin fosfatare, eloxare, pasivizare şi brunare;

– vopsirea pieselor, adică depunerea unei pelicule aderente de vopsea sau de lac, care suportă timp îndelungat, fără modificări, acțiunea agenților atmosferici;

– acoperirea cu o peliculă de material plastic, obținută prin topirea unei pulberi de material plastic pe piesa metalică încălzită la temperaturi ridicate.

Fiecărei metode de protecție, enumerate mai sus îi corespund anumite domenii specifice de utilizare.

Obținerea unor straturi de acoperire de protecție superioară este posibilă numai în cazul unei bune pregătiri a suprafețelor de protejat. Între acestea şi peliculele de protecție trebuie să existe o foarte bună aderență. În acest scop, de pe aceste suprafețe trebuiesc îndepărtate toate bavurilor, oxizii, petele de ulei sau alte impurități. Pentru aceasta se folosesc următoarele metode: fizice, chimice şi combinate.

În urma laminării, pe tablele şi barele de oțel rămân oxizi numiți şi scoruri sau țunder, iar pe piesele turnate rămân asperități şi incluziuni de nisip.

Pentru îndepărtarea acestora se folosesc metode mecanice de curățire (decapare) dintre care cele mai folosite sunt:

– **Frecarea cu perii de sârmă**, acționate manual sau mecanic, care necesită un consum mare de manoperă, efectuată în condiții grele (eforturi fizice mari, în atmosferă cu mult praf). Curățirea realizată este de calitate mediocră; de aceea, metoda este folosită numai pentru curățirea pieselor turnate, de dimensiuni mari şi în cazul unui număr mic de piese;

– **Curățirea cu pietre abrazive** (debavurarea), folosită de asemenea, numai la piesele turnate şi ştanțate, cu forme simple, la care este necesar să se înlăture totodată şi asperitățile de turnare sau bavurile de ştanțare;

– **Curățirea cu ajutorul tobelor** (tobarea), mai frecvent folosită pentru îndepărtarea impurităților, oxizilor şi bavurilor;

– **Curățirea prin vibrare**, care diferă de tobare prin aceea că frecarea relativă a pieselor între ele şi cu mediul abrazv se obține prin scuturarea recipientului cu un vibrator mecanic (cu excentric).

– **Curățirea pieselor prin sablare - alicare**, este o metodă productivă şi eficace de curățire a pieselor care urmează să fie vopsite. Metoda constă în suflarea, cu ajutorul aerului comprimat a unui jet de granule de mare duritate (nisip sau alice, STAS-7482-79), care lovind piesele, îndepărtează oxizii şi impuritățile mecanice aderente pe suprafața lor. Se obține o curățire bună chiar în zone mai greu accesibile.

Suprafețele astfel curățate sunt mate şi prezintă multe asperități fine, lucru ce favorizează aderența vopselelor.

Sablarea este considerată cea mai bună şi cea mai productivă metodă de curățire mecanică a pieselor din fontă şi oțel cu dimensiuni mari şi ea tinde să se extindă şi la piesele metalice de dimensiuni mici.

Sablarea prezintă avantajele: nu impurifică apele cu reziduuri toxice; necesită investiții mici. Dezavantajul principale îl constituie prezența prafului, care creează condiții grele de lucru.

Metodele de curățire mecanică nu sunt eficace pentru înlăturarea substanțelor organice (grase) care au aderat pe suprafața pieselor. În acest scop se folosesc substanțe lichide cu însuşiri de dizolvare şi îndepărtare a grăsimilor, operația purtând numele de degresare. Cele mai cunoscute metode de degresare a pieselor sunt:

– degresarea în băi alcaline;
– degresarea în instalații cu tricloretilenă.

Degresarea alcalină, se aplică la degresarea pieselor din oțel şi a celor din cupru sau aliaje ale cuprului, folosindu-se proprietățile soluțiilor de sodă caustică (în apă fierbinte), care dizolvă cu uşurință substanțele grase.

Durata de menținere a pieselor în baie este de 20-25 min, pentru piesele cu un grad mic de murdărie (piesele strunjite sau şlefuite) şi de 40-50 min, în cazul pieselor foarte murdare (piese ştanțate, ambutisate sau filetate).

După scoaterea din baia de degresare, piesele se spală bine în apă fierbinte şi se lasă să se usuce în aer liber.

Degresare în instalații cu tricloretilenă sau percloretilenă este una din cele mai folosite metode de degresare a pieselor metalice în fabricație de serie mare.

Degresarea are loc în două, trei sau patru faze, în funcție de gradul de murdărie a pieselor, astfel:

– se spală mecanic cu un jet de tricloretilenă;

– se scufundă apoi piesele într-o baie de tricloretilenă, unde rămâne cea mai mare parte a grăsimilor şi impurităților;

– se spală piesele în vapori de tricloretilenă, operație de finisare, unde se îndepărtează ultimele resturi de grăsimi;

– piesele sunt trecute în final într-o cameră mai rece şi bine ventilată, unde se îndepărtează ultimele resturi de tricloretilenă. Întregul ciclu durează câteva minute.

Decaparea şi degresarea pe cale chimică a pieselor se realizează în băi de decapare şi degresare, condițiile de lucru, compoziția soluțiilor şi materialele care se decapează fiind prezentate în tabelele 4.5. şi 4.6..

Fiecare metodă de curățire, mecanică, fizică şi chimică, este specifică unui anumit fel de impurități, iar timpul de curățire variază în funcție de metodă.

Pentru a realiza în scurt timp **o curățire cât mai completă** a pieselor metalice se folosesc metode combinate, cum ar fi:

– tobarea pieselor într-o soluție diluată de acid sulfuric, realizându-se astfel concomitent o curățire mecanică şi chimică;

– introducerea pieselor în vase umplute cu un lichid care are acțiune de dizolvare a grăsimilor;

– curățirea concomitent mecanică şi fizică.

Cea mai cunoscută şi cea mai folosită metodă de **curățire combinată** a pieselor o constituie curățirea prin ultrasunete, conform căreia, într-o baie, de obicei metalică, de introduce un lichid oarecare (tricloretilenă, percloretilenă, soluții acide sau alcaline etc.), pentru a combina curățirea mecanică prin ultrasunete cu cea fizică sau chimică.

În funcție de natura metalului de acoperit şi de impuritățile existente pe el se foloseşte întreaga gamă a operațiilor pregătitoare prezentate anterior sau numai o parte din ele.

Pentru **degresare,** ca solvenți organici se folosesc: solvenți inflamabili (benzină, petrol, toluen) sau solvenți neinflamabili (tricloretilenă şi percloretilenă). Soluțiile alcaline de degresare sunt soda caustică, fosfat trisodic, carbonat de sodiu, silicat de sodiu (scufundarea pieselor metalice în soluții alcaline la o temperatură de 80-90 °C timp de 20-30 min). Degresarea electrochimică constă în tratarea anodică sau tratarea catodică a pieselor în soluții alcaline calde cu o densitate de curent de 3...5 A /dm^2.

Tabelul 4.5. Soluții pentru decapare

Nr. crt.	Materialul care se decapează	Condiții de lucru		Compoziția soluției de decapare							
		Temperatura	Durata [min]	Apă	Acid			Carbonat de sodiu	Fosfat trisodic	Clorură de sodiu	Silicat
					Clorhidric	Sulfuric	Azotic				
1	Oțeluri carbon sau slab aliate	15-25	1-2	82-64	–	18-36	–	–	–	–	–
2		50-60	5-10	82-64	–	18-36	–	–	–	–	–
3		15-25	1-2	45-40	55-60	–	–	–	–	–	–
4		15-25	0,5-1	93-89	–	–	7-11	–	–	–	–
5	Fonte	15-25	0,5-1	86-72	–	–	14-28	–	–	–	–
6	Aluminiul şi aliajele	50-60	5-10	88,0-84,5	–	–	–	5-6	5,0-6,5	–	2-3
7		50-80	8-12	98,7-98,0	–	–	–	1,0-1,5	–	0,3–0,5	–
8		15-25	1-2	89,2-84,2	–	0,2-0,6	10-15%	anhidridă cromică			
9		15-25	1,5-2,5	91-89	–	–	–	–	–	–	–
10		15-25	0,4-1,0	9-10	0,5	65-70	–	–	–	–	–
11	Cupru şi alamă	15-25	0,5-1,0								
12		15-25	1-3								
13	Zincul şi aliajele sale	15-25	2-3	95	5% nidroxid de sodiu (5)						
14		15-25	10-30	99	1	–	–	–	–	–	–
15		15-25	10-30	92	–	8	–	–	–	–	–
16		15-25	vezi la observații	97,3	–	1,5	1,2	–	–	–	–

Decaparea chimică se realizează în băi acide (acid sulfuric, clorhidric, fluorhidric, azotic) sau hidruri, în funcție de metalul pieselor. Decaparea electrochimică, mai puțin utilizată din cauza prețului mai ridicat, se face în aceleaşi băi acide, la o temperatură între 65...80 °C, cu o densitate de aprox. 5 A /dm^2. Spălarea după degresare şi decapare se face cu jeturi de apă rece.

Piesele mici sunt uscate în centrifugă, iar piesele mari sunt spălate în apă fierbinte şi uscate în rumeguş. În instalațiile moderne spălarea se face în apă deionizată, iar uscarea în cuptoare tunel.

Şlefuirea brută se face cu nisip, piatră ponce măcinată, iar şlefuirea fină se realizează în argilă flotată, piatră ponce fină. Lustruirea se execută cu piatră ponce foarte fină, argilă flotantă, rumeguş de esență tare (fag, arțar, ulm), piele măcinată.

Tabelu 4.6. Soluții pentru degresare chimică

Nr crt.	Materialul care se degresează	Condiții de lucru			Compoziția soluției de degresare (g)					
		Tipul degresării	Temperatura [°C]	Durata [min]	Apă	Fosfat tirosodic	Carbonat de sodiu	Hidroxid de sodiu	Silicat de sodiu	Detergent
1	Oțeluri carbon sau slab aliate	imersie	60-65	1-5	93	2,5	4,5	–	–	–
2		imersie	70-90	5-10	93,5-87	3-7	2-2,5	0,5-1,5	1-2	–
3		imersie	70-80	1-	92,2-90,5	1,5-2	1,5-2	2-2,5	0,8-1	2
4		imersie	70-80	2	89,5	2,0	4,5	1	2	2
5		imersie-ştergere	15-25		100% benzină sau White-spirt					
6	Aluminiul şi aliajele sale	imersie	60-70	5-8	–	4-6	–	8-12	2,5-3,5	–
7		imersie	50-63	10-20	92-95	5-8% săpun neutru				
8		imersie	60-80	–	–	1-4	–	–	2,5	0,5
9		imersie-ştergere	15-25		100% tricloretilenă					
10		imersie-ştergere	15-25		100% benzină sau White-spirt					
11	Cuprul şi aliajele sale	imersie	60-65	1-5	93					
12		imersie	18-30	10-15	83					
13		imersie	75-85	3-5	89-88					
14	Zincul şi aliajele sale	imersie	40-50	1-2	90					
15		imersie	50-60	3-5	93					
16		imersie-ştergere	15-25	–	100% tricloretilenă stabilizată					

Lustruirea cu piele şi rumeguş este uscată, dar şlefuirea şi lustruirea se face în funcție de metal, cu diverse soluții: apă, sodă, apă oxigenată, apă distilată, acid sulfuric etc. Şlefuirea se poate executa şi cu discuri abrazive (lemn plută, piele, pâslă), iar lustruirea cu discuri din pânză, păr, iarbă de mare, materialul abraziv care se aplică în timpul lustruirii fiind sub forma unei paste.

Lustruirea electrochimică sau chimică se face în băi formate din acid sulfuric, acid percloric, acid citric sau glicerină, unde are loc o dizolvare a părților proeminente ale suprafeței. Lustruirea chimică este mai simplă, ieftină şi cu productivitatea mai ridicată, dar luciul este neuniform.

Zincarea, este recomandată pentru climat temperat continental. Se aplică pieselor din aliaje feroase, protejându-se electrochimic, deoarece în şirul tensiunilor electrochimice (Ag-Cu-Pb-Co-Ni-Cd-Fe-Cr-Zn), zincul are un potențial mai negativ. Dacă zincarea este urmată de o pasivizare, depunerea nu se mai pătează la atingerea cu mâna. Acoperirea are loc în soluție de crom hexavalent şi se obțin colorați de curcubeu; piesele zincate lucios, prin pasivizare capătă un aspect lucios strălucitor.
Îndepărtarea acoperirilor defecte de zinc se face prin dizolvarea în soluții acide diluate (acid clorhidric sau sulfuric).

Efectul protector este cu atât mai îndelungat cu cât pelicula este mai groasă (7-10 μm pentru condiții uşoare de lucru, 15-20 μm pentru condiții medii şi 30-35 μm pentru condiții grele de lucru).

Schema unui **proces tehnologic de zincare electrolitică** este:

1. **Degresare brută** – poate fi efectuată în solvenți organici clorurați sau printr-o degresare alcalină, după care piesele se usucă sau se spală.
2. **Decapare** – efectuată în soluții acide de H_2SO_4 sau HCl.
3. **Spălare la rece** – efectuată în 2 etape.
4. **Degresare electrolitică** – efectuată în băi la 60 °C şi cu o densitate de 10-20 A /cm^2.
5. **Spălare la cald în 2 etape** – apa trebuind să umecteze continuu întreaga suprafață.
6. **Decapare** – în soluție de H_2SO_4 cu concentrație de 5-10%, în băi de oțel căptuşite cu tablă de Pb, timp maxim 1 minut.
7. **Spălare la rece**
8. **Spălare într-o soluție de Na**, cu concentrație 3-6%.
9. **Zincarea** condițiile de lucru fiind tensiunea la borne: 3-5 V, temperatura băii 18-25 °C, durata zincării fiind funcție de grosimea depunerii.
10. **Spălarea la rece** – în 3 etape.
11. **Spălarea prin cufundare** – timp de 10-30 sec. în soluție de HNO_3, cu concentrație de 2%.
12.. **Spălarea la cald în 3 etape** – folosind apă dedurizată.
13. **Uscarea şi controlul calității acoperirilor**.

Cadmierea, recomandată pentru climat tropical şi marin, foloseşte ca electrolit acid (sulfat sau florat de cadmiu) sau cianuri. Pasivizarea se face în soluție de anhidridă cromică, acid azotic sau sulfuric. Lustruirea acoperirilor de cadmiu se realizează în apă oxigenată şi acid sulfuric concentrat. Îndepărtarea acoperirilor defecte de cadmiu are loc în soluție de 10% azotat de amoniu.

Cuprarea, formează un strat intermediar de cupru între piesă şi pelicula de nichel, pe piesele din metale feroase, cu avantajele: este uşor de lustruit, asigură o bună aderență pe metalul feros, reduce consumul de nichel, măreşte viteza de depunere a acestuia. Se folosesc ca electroliți. sarea de cianură complexă, cupru monovalent, sodiu şi potasiu, sau electroliți acizi.

Îndepărtarea depunerilor de cupru, defecte se face cu anhidridă cromică şi acid sulfuric concentrat. Gruparea se foloseşte îndeosebi pentru îmbunătățirea proprietăților de contact electric.

Nichelarea, oferă o protecție mecanică şi prezintă rezistență mare la coroziunea atmosferică, la anumiți agenți chimici, oferă aspect plăcut. Se folosesc ca electroliți: sulfat şi cianură de nichel. Nichelarea poate fi lucioasă, mată sau neagră. Nichelarea neagră este o acoperire de nichel la care electrolitul este bogat în sulfați; este o acoperire decorativă. Îndepărtarea acoperirilor defecte de nichel se face cu acizi concentrați (azotic, sulfuric) azotat de potasiu şi glicerină.

Cromarea, se face atât în scop protector cât şi decorativ; cromul se depune în strat subțire peste o depunere de nichel (Ni-Cr sau Cu-Ni-Cr) recomandate în climat marin, tropical, laboratoare de chimie, industrie chimică şi metalurgică; fiind o acoperire puternic lucioasă, constituie şi un strat de protecție la radiațiile solare. Acoperirea decorativă de crom este de grosimea 0,25...0,5 μm. Acoperirea de crom dur este folosită la: axe, matrițe de ambutisare, matrițe pentru materiale plastice, filetare, calibrare etc. Acoperirea de crom poros este de grosimea 0,1...0,3 mm, care supă cromare este urmată de o corodare anodică. Se folosesc ca electroliți anhidrida cromică şi acidul şi acidul sulfuric. Îndepărtarea acoperirilor defecte de crom se face prin dizolvarea anodică sau soluție e acid clorhidric.

Stanierea, este acoperirea de protecție față de acizi organici, coroziune atmosferică şi prezintă avantajele: lipire uşoară, depunere cu electroliți netoxici. Se stanează conexiuni ce urmează a se lipi cu aliaje de cositor, tablă şi sârmă (stanare termică) şasie de aparate, papuci. Se folosesc ca electroliți soluții acide sau alcaline. Depunerile de staniu sunt alb mate; luciul se obține prin tratament termic în apropierea punctului de topire a staniului.

Argintarea, are aspect decorativ, fiind în acelaşi timp o acoperire specială cu rol de a mări conductivitatea electrică. Pentru a fi şi acoperire de protecție (deoarece argintul în prezența compuşilor sulfuroşi se acoperă cu o peliculă cenuşie) se face o pasivizare în crom hexavalent, în soluție cu apă distilată. Ca electrolit se foloseşte cianura de argint şi de potasiu. Îndepărtarea straturilor de argint se realizează electrochimic, în soluție de cianură de potasiu.

Un proces tehnologic de argintare se desfăşoară în următorul flux tehnologic: degresarea catodică – spălare – degresare acidă – spălare – decapare chimică – spălare – preargintare – argintare lucioasă – spălare – pasivizare electrolitică – spălare – uscare.

Aurirea, oferă rezistență chimică deosebită (este atacată doar de acidul clorhidric), conductibilitatea electrică mare. Ca electroliți se folosesc: cianuri, fero-cianuri, acizi. Îndepărtarea acoperirilor cu aur se face prin tratarea anodică în cianură de potasiu a pieselor acoperite; extragerea aurului pentru recuperare din soluție se face cu praf de zinc.

Depuneri de aliaje: se pot obține proprietăți foarte variate prin combinarea metalelor depuse. **Alămuirea** dă un luciu puternic, ca electrolit folosindu-se cianurile de cupru sau zinc, anozii fiind de alamă. **Bronzuirea** foloseşte ca electroliți cianura de Cu şi Sn; anozii sunt din Cu-Sn; se obține o acoperire cu un conținut de peste 80% Cu. Aliajul Sn-Zn dă o protecție la coroziune foarte bună; poate înlocui depunerile de cadmiu.

Acoperirile în straturi succesive.

Cele mai utilizate tipuri de acoperiri succesive sunt:

– **Cupru-Zinc** – asigură aderența cauciucului pe metal;

– **Cupru-Staniu**;

– **Staniu-Zinc** – prezintă o rezistență la coroziunea echivalentă cu a staniului chiar în condiții tropicalizate;

– **Staniu-Cadmiu** – este rezistent la vapori de substanță organică.

Analizând cele expuse, corespondența dintre tipul acoperirii şi solicitările ce apar este:

– duritate mare – crom, nichel, staniu-nichel;

– duritatea medie – cupru, zinc, cadmiu şi argint;

– duritate mică – staniu, staniu-zinc;

– rezistență la temperaturi înalte – argint, nichel, crom;

– conductibilitate electrică – staniu, argint, cupru, nichel.

În procesele de pregătire a suprafețelor metalice, în procesul de galvanizare propriu-zis şi la spălarea pieselor se folosesc cuve confecționate din oțel, mase plastice, sticlă, ale căror dimensiuni sunt determinate de numărul, forma pieselor şi de tipul instalației. Căptuşirea cuvelor se face cu material rezistent la soluția electrolitică.
În băile de galvanizare piesele se suspendă pe dispozitive sub formă de rame orizontale sau verticale care asigură transportul de electricitate de la sursă la piesă.

La dimensionarea lor se ține seama ca densitatea de curent să fie: 1 A /mm^2, pentru oțel: 1,5 A /mm^2, pentru alamă; 2...3 A /mm^2 pentru cupru. Este necesară izolarea dispozitivelor pentru a se evita depunerile de metal din electrolit.

Numărul de piese suspendate depinde de dimensiunile cuvei, greutatea pieselor, volumul soluției, puterea generatorului, posibilitatea de distribuție uniformă a depunerilor.

Pentru mărirea productivității la galvanizarea pieselor mici se folosesc tamburi confecționați din material plastic.

Încălzirea electrolitului se realizează:

– direct – prin introducerea unor serpentine;

– indirect – prin pereți dubli prin care circulă agentul de încălzire.

Agitarea electrolitului se realizează cu aer comprimat introdus în țevi perforate aşezate pe fundul cuvei sau cu pompe ce produc agitarea concomitent cu filtrarea electrolitului.

În funcție de climatul în care este destinat a funcționa aparatul se stabileşte de către proiectant grosimea stratului depus, după care tehnologul stabileşte prin instrucțiuni tehnologice parametrii instalației de galvanizare: tip: substanțe de degresare, metode de control etc.

În tabelul 4.7. sunt prezentate grosimile recomandate la acoperirea electro-chimică a unor materiale electrotehnice pentru tipurile de protecție climatică TH, TA şi THA.

Tabelul 4.7. Grosimea acoperirilor electrochimice

Metalul de bază	Stratul de acoperire	Grosimea [μm]			
		Categorii de protecție			
		I	II	II	IV
Cupru şi aliaje	Staniu	25	25	12	25
	Argint	10	10	10	–
	Nichel	25	25	10	30
	Crom	0,5	0,5	0,5	0,5
Aluminiu şi aliaje	Oxidare anodică	15	15	10	20

Protecția suprafețelor prin tratamente chimice şi electrochimice sunt folosite pentru acoperiri de protecție, decorative sau cu rol de acoperire intermediară.

Fosfatarea, se realizează electrochimic, în băi de săruri fosfatice dizolvate în apă, realizând acoperirea suprafețelor din oțel şi oțel zincat pentru a obține o aderență bună a vopselelor. Se foloseşte şi la protejarea arcurilor şi rondelelor elastice împotriva coroziunii.

Pasivizarea, este un tratament de suprafață a pieselor metalice din oțel sau oțel zincat, prin care se formează o peliculă protectoare subțire de cromați, piesele fiind cufundate 3-5 secunde într-o soluție anhidridă cromică, acid azotic şi sulfurice.

Eloxarea, care înseamnă oxidarea anodică a aluminiului şi a aliajelor sale; stratul de oxid de al suprafața pieselor de aluminiu sau aliajele sale este cea mai bună protecție la umezeală şi uzură termică, asigurând o aderență foarte bună a staturilor de vopsea. Oxidarea se realizează cu acid sulfuric, acid oxalic, soluții de cromați şi fosfați. Piesele de aluminiu eloxate au şi aspect decorativ.

Tratamentele termochimică s-au extins în ultimele decenii în construcția de maşini într-un ritm alert, ca urmare a performanțelor pe care le-au obținut piesele cărora li s-au aplicat.

În mod predilect, se tratează termochimic piesele de mare importanță, având cele mai diverse forme şi dimensiuni, supuse unor solicitări mecanice complexe, cum ar fi: răsucire cu încovoiere, uzură, şocuri, oboseală, coroziune.

În urma majorității tratamentelor termochimice piesele dobândesc un ansamblu de caracteristici, care prin alte procedee fie că nu pot fi obținute, fie că sunt mult mai modeste. De asemenea, pieselor le pot fi asociate caracteristici care, în mod obişnuit, se manifestă ca fiind incompatibile.

În construcția de aparataj electric astfel de tratamente se pot aplica unor piese din construcție dispozitivelor de acționare precum şi echipamentului tehnologic (SDV) folosit la fabricarea aparatelor electrice.

Se menționează însă că tratamentele termochimice recurg la încălzirea în volum, necesită durate, uneori şi temperaturi mari, ceea ce predispune piesele la deformare şi utilizează substanțe care, alături de energia consumată, ridică mult costul pieselor tratate.

Tratamentul termochimic de cementare (îmbogățire în carbon) se aplică numai pieselor din oțeluri carbon nealiate sau aliate, al căror conținut în carbon este redus (normal, cuprins între 0,1...0,25%). Prin cementare se urmăreşte creşterea conținutului specific în carbon până la valori cuprinse, în mod obişnuit, între 0,7...1,1%, grosimea stratului cementat fiind, de regulă, de cca. 1...2 mm (pentru piesele mărunte adoptându-se grosimi mai mici, în jur de 0,5 mm.

Întrucât după cementare întotdeauna piesele sunt supuse unei căliri şi reveniri joase se obține un contrast mare de proprietăți între suprafața şi centrul piesei. În aceste condiții suprafața se durifică mult, în timp ce miezul rămâne relativ moale. Stratul dur din suprafață conferă pieselor o rezistență la uzură mărită, de asemenea la presiunea de contact şi la oboseală; în replică însă, posedă o rezistență la şoc scăzută.

Miezul piesei, care datorită conținutului scăzut în carbon nu se durifică semnificativ în urma călirii, va rămâne cu o tenacitate bună asigurând în acest fel piesei o bună capacitate de preluare a şocurilor.

Nitrurarea este tratamentul termochimic de îmbogățire a suprafeței în azot. Se supun nitrurării piese executate din oțeluri nealiate sau aliate şi din fontă, precum şi diverse scule, la care se urmăreşte mărirea durității superficiale, a rezistenței la uzură, la oboseală şi chiar la coroziune.

La nitrurare se obțin grosimi mici de strat, de ordinul zecimilor de milimetru, (important la piesele mici) şi durități superficiale foarte mari, până la nivelul de 1100 VH, în condițiile în care miezul îşi menține caracteristicile dobândite anterior (tenacitate mare). În acest fel, piesele dispun de un ansamblu de caracteristici deosebite, cum sunt: rezistență mare de contact, la uzură şi la oboseală, precum şi o bună capacitate de prelucrare a şocurilor.

Natura constituenților care se formează în limitele stratului nitrurat nu reclamă temperaturi ridicate, încălzirea având loc la nivelul temperaturilor subcritice, ceea ce nu conduce la transformări structurale în miez şi nici la tensiuni termice importante. De aceea, în urma nitrurării nu sunt sesizate modificări de dimensiuni sau deformații semnificative, motiv pentru care, în mod obişnuit, după nitrurare nu se mai fac prelucrări mecanice, doar in cazuri cu totul excepționale – superfinisarea.

Pe lângă aceste avantaje incontestabile, nitrurarea prezintă şi unele dezavantaje, dintre care cel mai important este durata foarte mare a operației (40-60 ore şi peste), datorită difuziei lente a azotului în ferită.

Tratamente termochimice de carbonitrurare şi de cianizare asigură îmbogățirea suprafețelor pieselor de oțel sau din fontă, simultan în carbon şi azot. Se supun carbonitrurării şi cianizării o varietate mare de piese şi scule, cum sunt: roți dințate, cremaliere, arbori cotiți şi drepți, bucşe de ghidare, plăci de uzură, plunjere, supape, scaune de supapă, blocuri de matrițe, plăci de tăiere, diverse scule aşchietoare din oțeluri rapide ş.a.

În urma acestor tratamente li se asigură pieselor straturi superficiale având 0,8...0,9 % C şi o 0,3...0,4 % N, în grosimi de câteva zecimi de mm (0,7...0,8) cu durități de peste 700 MV, în condițiile în care miezul rămâne cu durități mai mici, deci mai tehnice. Se asigură, astfel rezistențe bune la uzură, la presiune de contact, la oboseală şi la şocuri.

Pentru scule aşchietoare, grosimea stratului îmbogățit este mult mai redusă, de ordinul sutimilor de mm; la acestea se urmăreşte creşterea considerabilă a durității (până la 1000...1100 HV) în scopul măririi capacității de aşchiere şi a durabilității pe seama creşterii rezistenței la uzură şi stabilității termice.

Intervalul temperaturilor la care se realizează carbonitrurarea şi cianizarea este foarte mare, de la 550 °C la 870 °C, uneori chiar până la 930 °C. În aceste condiții se obține o diferență foarte mare privind compoziția, structura, extinderea şi mai ales caracteristicile mecanice ale stratului superficiale, după cum tratamentul s-a efectuat spre limita superioară sau inferioară a intervalului de temperatură.

Prin **aluminizare** se asigură îmbogățirea suprafețelor probelor din oțel şi din fontă cu aluminiu. Tratamentul se aplică în scopul creşterii rezistenței la oxidare atât la rece cât şi la cald (la 800-900 °C), precum şi a rezistenței la coroziunea atmosferică.

Aluminizarea se efectuează la temperaturi cuprinse între 700 °C şi 1100 °C în amestecuri pe bază de pulberi sau topituri, grosimea stratului de sifuzie atingând valori cuprinse între 0,02 şi 0,8 mm.

Borizarea este tratamentul termochimic prin care se asigură îmbogățirea suprafețelor pieselor cu bor. Se supun borizării piese din oțel având, de regulă, conținut redus (oțeluri de cementare) sau ridicat (oțeluri de scule) de carbon. Prin borizare se urmăreşte, în principal, creşterea durității superficiale (care poate ajunge la 1800...2000 $HV_{0,1}$) şi pe această bază creşte mult rezistența la uzură abrazivă; de asemenea refractaritatea suprafețelor borizate creşte până la 800...900 °C.

Cromizarea este tratamentul termochimic prin care se asigură îmbogățirea în crom a suprafețelor pieselor din oțel sau din fontă în scopul măririi rezistenței la coroziune, la oxidare, a durității superficiale şi a rezistenței la uzură.

Se supun cromizării oţeluri cu conţinut redus de carbon, îndeosebi nealiate, pentru mărirea rezistenţei lor la coroziune şi la oxidare, oţeluri cu conţinut mediu şi mare de carbon (de îmbunătăţire şi de scule) pentru mărirea durităţii şi a rezistenţei la uzură, precum şi oţeluri austenitice, când li se îmbunătăţesc toate caracteristicile menţionate; la fel se procedează în cazul aliajelor pe bază de crom, nichel, cobalt ş.a.

Brunarea, constă în acoperirea cu săruri de sodiu a metalelor feroase. Procedeul de acoperire este fierberea în băi (sodă caustică, azotat de sodiu, azotit de sodiu) la 138-148 °C timp de cca. 3 ore, cu spălări intermediare, uscare şi fierbere în ulei mineral timp de 5-10 min., la 105-115 °C, ceea ce completează protecţia anticorozivă. Eficacitatea este scăzută.

Oxidarea se produce ca urmare a reacţiilor care au loc între fier (oţel) şi diverse substanţe puternic oxigenate, cum sunt: azotatul, azotitul şi hidroxidul de sodiu ($NaNO_3$, $NaNO_2$ şi $NaOH$), rezultând Fe_3O_4 şi Fe_2O_3.

Operaţia de brunare se aplică curent atât pieselor cât şi sculelor care, în prealabil, au fost supuse unui tratament termic de călire şi revenire înaltă (îmbunătăţire), călire şi revenire joasă sau, pur şi simplu, au fost tratate termic. Posibilitatea aplicării brunării în cele mai diverse cazuri derivă din faptul că la nivelul temperaturii de încălzire (curent între 130...150 °C) nu se produc transformări de fază în piesa tratată.

Feroxarea se aplică în aceleaşi scopuri ca şi brunarea, însă se realizează în atmosferă de abur supraîncălzit la 550...570 °C. Se supun feroxării, îndeosebi scule din oţel rapid care se află în stare finită (călite, revenite şi ascuţite).

Datorită temperaturii relativ înalte care se efectuează, ea nu poate fi aplicată şi pieselor (sculelor) care anterior au fost supuse călirii şi revenirii joase.

Prin feroxare, sculele dobândesc, pe lângă aspectul comercial şi rezistenţă la coroziune, şi o durabilitate mai mare, încât suprafeţele tratate prezintă un coeficient de frecare mai redus.

Oxinitrurarea este un tratament termochimic mai complex prin care se realizează îmbogăţirea suprafeţelor atât în oxigen cât şi în azot. Din acest punct de vedere, tratamentul este o combinaţie între feroxare şi nitrurarea gazoasă, stratul superficial rezultat posedând caracteristici specifice celor două tratamente termochimice menţionate.

Alte tratamente termochimice utilizate sunt stibizarea şi carbonitrurarea, sulfizarea, sulfocianizarea, titanizarea, şerardizarea şi zincarea ş.a.

Metalizarea este acoperirea de protecţie cu un strat de metal prin procedeele; imersie, pulverizare cu pistolul sau în vid.

– **Metalizarea prin imersie** constă în acoperirea diferitelor piese în baia de metal de acoperire topit. Astfel, se obţine cositorizarea prin introducerea lor în baia de 60% Sn, 40% Pb la 240 °C.

– **Metalizarea prin pulverizarea cu pistolul**. Metalul cu care se acoperă se topeşte sub acţiunea unui jet de gaze la temperatură ridicată sau cu arc electric. Se fac acoperiri cu Zn, Pb etc.

– **Metalizarea prin pulverizare în vid**. La presiunea scăzută temperatura de vaporizare a metalelor este scăzută. Prin încălzirea în incintă vidată (cel puțin10^{-4} mmHg) se pot depune prin vaporizare diferite metale: Ag, Au, Pt, Pd, Ru, Ir, Ti, Cr, Ni, Cu, Zn, Al etc. Depunerea se poate realiza pe suprafețe metalice, sau pe sticlă, cuarț, materiale plastice. Aceste acoperiri sunt de protecție şi funcționale.

Impregnarea este o acoperire de protecție a lacurilor electroizolante. Se pot acoperi materiale organice fibroase, materiale anorganice etc. Impregnarea este o acoperire de protecție contra temperaturilor, umidității, îmbunătățeşte rezistența termică, mecanică, rigiditatea dielectrică, răcirea, prin creşterea transferului de căldură a suprafețelor acoperite.

Procesul tehnologic de impregnare constă din:

– preîncălzirea şi deshidratarea pieselor de impregnat, în aer, în cuptoare sau în vid;

– impregnarea prin unul din procedeele:

a) prin imersie: scufundarea în lacul de impregnare până când dispar bulele de aer de la suprafață;

b) prin pensulare: pentru piesele mari, greu de imersat;

c) în tambure: prin agitarea mecanică a pieselor mici (din pertinax, textolit, bobine mici etc.);

d) prin turnare, turnarea din lingouri a lacului de impregnare pe piesele mari, din materiale nehigroscopice;

e) impregnarea cu pistolul: pe înfăşurările fierbinți se stropeşte cu lac aderent;

– evaporarea solventului sau uscarea.

Un sistem de vopsire este alcătuit din straturi de materiale peliculogene: grunduri, chituri, vopsele şi emailuri, compatibile, care formează prin uscare şi lustruire o peliculă de protecție rezistentă şi estetică.

Materiale de vopsire compatibile se obțin de obicei, pe baza aceluiaşi liant sau a unui liant cu structură chimică asemănătoare. Ca lianți pot fi folosite uleiurile vegetale sau răşinile dizolvate în solvent.

Chiturile, sunt suspensii de materiale de umplutură într-o răşină (lac); dau pelicule dure, mate, poroase, cu elasticitate redusă, care pot fi însă şlefuite. Se utilizează la umplerea cavităților, netezirea şi nivelarea suprafețelor de vopsit.

Emailurile, sunt lacuri pigmentate cu pigmenți anorganici, cu sau fără material de umplutură, cu putere de acoperire medie; dau pelicule dure, foarte lucioase, divers colorate şi netede.

Lacurile, sunt soluții de derivați ai celulozei, răşini naturale sau sintetice în solvenți organici, cu sau fără adaos de uleiuri vegetale. Sunt incolore sau slab colorate, dând, după uscare, pelicule transparente şi cu aspect lucios.

Grundurile, sunt baza oricărei vopsiri, constituind legătura dintre suprafața de vopsit şi chit, vopsea sau email. Grundurile sunt dispersii de pigmenți şi materiale de umplutură cu concentrație de 65-70% în lacuri, dând pelicule dure cu aspect mat sau semimat.

Vopselele, sunt suspensiile de pigmenți şi agenți de umplere cu materiale peliculogene (lacuri naturale sau de sinteză); sau după uscare pelicule cu aspect mat către semilucios şi se aplică între grund şi email.

Pigmenții, sunt produse organice sau anorganice folosite la producerea vopselelor şi emailurilor, pentru colorarea acestora, iar în cazul grundurilor pentru furnizarea unor proprietăți anticorozive. Proprietățile pigmenților sunt: culoarea, rezistența la lumină (decolorare), puterea de acoperire. Pigmenții se prezintă sub formă de pulberi.

Materialele de umplutură, se folosesc pentru a îngroşa vopseaua, asigurând o anumită consistență peliculei ce se realizează, precum şi pentru sporirea rezistenței peliculei de vopsea la intemperii. Materialul de umplutură se prezintă sub formă de pulberi, pe gama de culori de la alb la cenuşiu.

Procedeele de vopsire sunt: vopsirea cu pensula, pulverizarea cu pistolul, vopsirea electrostatică, grunduirea electroforetică, vopsirea prin curgere şi imersiunea.

Depunerea vopselelor cu pensula este cel mai simplu în ceea ce priveşte utilajul tehnologic necesar, este cu mult depăşit, deoarece consumă o cantitate foarte mare de manoperă, iar calitatea vopsirii este inferioară tuturor celorlalte procedee.

Se foloseşte numai la lucrări de întreținere şi reparații, adică atunci când se vopseşte un număr restrâns de piese şi nu se dispune de o instalație tehnologică mai perfecționată.

Pulverizarea cu pistolul. Vopseaua se pulverizează cu aer comprimat, prin ejecție, utilizându-se pistolul de pulverizat clasic. Ceața de particule pulverizate se depune pe suprafața de acoperit formându-se o peliculă uniformă de 6...20 μm /strat.

Metoda pulverizării cu aer comprimat oferă o productivitate ridicată, permite mecanizarea şi automatizarea procesului tehnologic.

Dezavantajele principale ale metodei sunt legate de pierderile mari de vopsea (25-50%), de înglobare în vopsea a unor bule de aer ce dăunează calității vopsirii şi de necesitatea unei ventilări intense a locurilor de muncă.

Pentru a se înlătura neajunsurile vopsirii prin pulverizarea cu aer comprimat, se foloseşte în prezent, pe scară din ce în ce mai mare, vopsirea fără aer comprimat, pulverizându-se direct vopsea cu ajutorul unei presiuni mari (5-120 daN /cm^2).

Se folosesc pentru aceasta pulverizatoare similare din punct de vedere constructiv cu injectoarele de la motoarele Diesel. Se obține o pulverizare practic fără ceață, ceea ce reduce consumul de vopsea şi diluant şi îmbunătățeşte în mare măsură condițiile de lucru în cabina de vopsire (se poate lucra fără mască).

Vopsirea electrostatică. Principiul metodei constă în divizarea particulelor de vopsea sub acțiunea unui câmp electrostatic şi deplasarea materialului de vopsit, încărcat electrostatic (–) de la capul atomizor către suprafața de acoperit (+) sub acțiunea liniilor de câmp. Avantajele metodei prezentate sunt: reducerea pierderilor de vopsirea la 10...20% din cantitatea utilizată, productivitatea ridicată, calitatea superioară a peliculei; posibilități favorabile de automatizare a procesului, înlăturarea ceții de vopsea.

Dezavantajele procedeului sunt:

– pericol de incendii sau explozii, mediu fiind foarte inflamabil;

– la piesele cu profiluri complicate şi mai ales la cele cu nervuri înalte, rămân porțiuni pe care nu se depune vopseaua, neexistând o vopsire ulterioară la corectare.

Vopsirea electroforetică. În principiu, procedeul constă în descărcarea pe suportul metalic încărcat (+) sau (–) a particulelor de vopsea diluabilă în apă, încărcate cu sarcini opuse ca semn. Se aseamănă oarecum cu vopsirea electrostatică, însă aici mediul conducător este apa. Particulele de vopsea diluabilă în apă (de regulă prin acest procedeu se aplică grundurile) au diametre de $10^{-2} \div 10^{-4}$ μm. Băile se realizează cu pereți de oțel, cu rol de catod.

Principalele avantaje oferite de acest procedeu, sunt: depunerea unui strat uniform pe toate părțile; coeficientul de utilizare a vopselei este de cca. 0,95: la depunerea stratului necesar, procesul încetează, ca urmare a creşterii forței de respingere electrostatică cu grosimea peliculei; stratul are o mare aderență şi surplusul de vopsea se poate înlătura prin spălare cu apă deoarece consistența vopselei este scăzută; uscarea peliculei depuse necesită un consum redus de energie electrică, deoarece la intrarea în cuptor pelicula mai conține doar 10% apă.

Vopsirea prin imersiune. Unele ansambluri sau piese complexe, cu zone ecranate, se pot grundui sau vopsi prin imersiune (cufundare) într-o cuvă în care se găseşte materialul de acoperire cu fluiditate superioară celui utilizat la pulverizare; viteza de imersiune optimă este de 3...5 cm /s, iar durata de menținere în cuvă 2...4 min.

Grundul sau vopseaua de bază din cuvă îşi modifică vâscozitatea prin evaporarea diluantului (solvent organic sau apă) şi este necesar ca prin adaos de diluant să se facă corecții periodice. Vopseaua care se adaugă se va filtra riguros şi se va menține la temperatura de 298 °K a băii.

Acolo unde sunt de vopsit numeroase piese de dimensiuni mari şi forme mai complicate, vopsirea prin imersie este mult mai productivă, cu condiția ca întreaga operație să decurgă mecanizat.

Uscarea peliculelor de vopsea. Cele mai eficace tehnici de uscare s-au dovedit a fi uscarea: prin convecție; prin radiație (cu radiații infraroşii); combinată (convecție şi radiație).

a) **Uscarea prin convecție**: piesele sau ansamblurile supuse uscării se încălzesc în contact cu aerul cald insuflat de o sursă mecanizată (ventilatoare) şi automatizată. Căldura pătrunde prin stratul de vopsea din exterior şi o usucă.

Transmiterea căldurii în peliculă se face prin conductivitate de la nivelul peliculei la piesă şi parțial de la piesa încălzită către peliculă. Deosebit de importantă est menținerea nivelului de temperatură şi a debitului de aer cald insuflat în limitele domeniului optim de valori. Inițial, trebuie să se asigure evaporarea completă a solventului şi apoi să se înceapă întărirea (polimerizarea, policondensare) lacului vopselei. Dacă stratul superior al peliculei se solidifică prea rapid, vaporii de solvent sau late gaze ce iau naştere în straturile inferioare vor fi eliminate la presiuni interne mari şi deci vor produce pori, fisuri şi cratere.

b) **Uscarea prin radiație**: se realizează prin transferul de căldură de pe o suprafața radiantă pe suprafața vopsită, prezentând avantajul unui timp operativ mai redus cu 25% în raport cu uscarea prin convecție. Radiațiile generate de emițătoare de radiații cu gaz metan sau curent electric, au lungimea de undă de la 0,78...5,0 metri, corespunzătoare spectrelor vizibil şi invizibil. Ele pătrund rapid prin peliculă, încălzesc suportul metalic şi astfel pelicula se usucă, în principal de jos în sus. Cele mai folosite uscătoare sunt cele de tip tunel sau cameră, cu circulație forțată a aerului, deoarece intensifică procesul de îndepărtare a vaporilor de solvent şi permit reglarea distribuției căldurii. Uscătoarele trebuie să permită: recircularea aerului cald, izolare termică bună, reglarea temperaturii şi evacuarea vaporilor.

Cea mai simplă metodă de protecția a pieselor împotriva acțiunii corozive a mediului constă în **ungerea acestora cu o peliculă de vaselină neutră**, uleiuri minerale sau alte substanțe similare.

Metoda aceasta de protecție este folosită îndeosebi pentru:

– conservarea pieselor în timpul transportului sau în cazul unei depozitări îndelungate;

– protecția împotriva pătrunderii umezelii la contactele fixe de aluminiu;

– protecția pieselor în mişcare care necesită concomitent şi o ungere.

Metoda prezintă avantajul de a fi uşor de aplicat şi de a nu necesita instalații tehnologice costisitoare.

Ea are următoarele dezavantaje:

– pelicula protectoare trebuie înlocuită periodic, deoarece absoarbe umezeala şi fixează impuritățile de aer, formând cruste care pot periclita buna funcționare a echipamentului electric;

– la încălziri mari degajă mirosuri neplăcute, iar sub efectul arcului electric, pelicula se poate aprinde;

– piesa are un aspect estetic neplăcut.

4.8. Procesul tehnologic de asamblare

Procesul tehnologic de asamblare sau asamblarea, reprezintă totalitatea operațiilor ce se execută în scopul reunirii anumitor piese într-un mecanism sau, în general într-un produs, în conformitate cu prescripțiile din documentația tehnică respectivă.

Procesul tehnologic de asamblare reclamă cu un volum de muncă destul de mare. De aceea, pentru ca acest proces să se poată desfăşura într-o formă organizată şi rațională, cu un volum de muncă cât mai mic, asigurându-se totodată calitatea şi precizia produsului, trebuie ca piesele componente să fie grupate pe unități de asamblare, cu funcții bine determinate şi care să se poată asambla fiecare separat.

Rezultă astfel că un aparat electric nu se asamblează direct din piese separate, ci din subansambluri de piese montate în prealabil, reunirea lor făcându-se cu ajutorul diferitelor elemente de legătură ca: şuruburi, pene, nituri, axe etc.

Orice produs se compune dintr-o serie de piese sau unități de asamblare dispuse într-un anumit mod, care îndeplinesc funcții bine determinate.

Piesa sau reperul, este cel mai simplu element component, executat dintr-o singură bucată şi de regulă dintr-un singur material, de exemplu: un şurub, o pană, un contact, un arbore etc.

Piesa de bază, este piesa comună, pe care se asamblează mai multe repere pentru a constitui un ansamblu complet al produsului sau un ansamblu.

Completul, este unitatea cea mai simplă de asamblare şi constă în îmbinarea a două sau mai multe repere pe o piesă de bază.

Subansamblu, este o unitate de asamblare mai complexă, rezultat din asamblarea mai multor piese sau completuri sau subansambluri, reunite printr-o piesă de bază.

Mecanismul, este o parte a produsului, format din aceleaşi elemente de asamblare ca şi ansamblul. El este destinat să îndeplinească o mişcare determinată, corespunzătoare unui scop precis şi poate funcționa asamblat cu produsul sau independent de aceasta.

Ansamblul general, reprezintă însuşi produsul.

4.8.1. Metode de asamblare

Calitatea şi productivitatea operațiilor de asamblare depind de o serie de factori, dintre care cei mai importanți sunt:

– precizia de execuție a pieselor;
– gradul de dotare cu S.D.V.-uri corespunzătoare;
– nivelul de calificare şi experiență a muncitorilor montatori.

În funcție de precizia de execuție a pieselor, care este factorul de bază în construcția aparatelor electrice, deoarece influențează direct costul şi productivitatea muncii, se deosebesc cinci metode de asamblare, şi anume:

A. Metoda interschimbabilității totale, se bazează pe faptul că două sau mai multe piese (subansambluri) sunt interschimbabile, adică pentru montarea oricăreia dintre ele nu este nevoie de selecționarea sau ajustarea lor prealabilă, iar jocurile sau strângerile între piese se încadrează în toleranțele indicate.

Pentru a obține în mod cert o interschimbabilitate totală a pieselor la montare este necesar să fie îndeplinite următoarele două condiții:

– valoarea toleranței elementului de închidere trebuie să fie egală cu suma valorilor absolute ale toleranțelor tuturor celorlalte elemente ale lanțului de dimensiuni;

– piesele care fac parte din acelaşi lanț de dimensiuni trebuie să fie executate în limitele toleranțelor.

Aplicarea metodei de asamblare după principiul interschimbabilității totale este limitată de costul pieselor fabricate, care poate creşte foarte mult în cazul când se cere o precizie înaltă, deoarece valoarea medie a toleranțelor pentru toate elementele lanțului de dimensiuni trebuie să fie, în acest caz, mai mică decât toleranța elementului de închidere.

Principalele avantaje ale acestei metode sunt:

– asamblare simplă, datorită lipsei operațiilor de sortare sau de ajustare a pieselor;
– posibilitatea utilizării dispozitivelor speciale de montaj;
– posibilitatea aplicării metodelor de asamblare pe bandă sau în flux continuu;
– utilizarea pieselor de schimb confecționate pe baza interschimbabilității totale;
– mărirea productivității muncii;
– îmbunătățirea calității montajului;
– scăderea costului.

Această metodă este indicată îndeosebi în producția de serie mare şi masă.

B. Metoda interschimbabilității parțiale, se aplică în fabricația de serie; principiu acestei metode constă în aceea că piesele se prelucrează cu toleranțe mai largi decât cele necesare pentru obținerea unei interschimbabilități totale, asigurând totuşi, fără o sortare sau ajustare a pieselor în prealabil, precizia prescrisă elementului de închidere la majoritatea elementelor lanțului de dimensiuni.

În acest caz, la un mic procent de lanțuri de dimensiuni există totuşi riscul ca valoarea toleranțelor elementului de închidere să depăşească limitele prescrise.

Datorită însă faptului că prelucrarea pieselor respective se efectuează cu toleranțe mai largi, această metodă este cea mai economică.

C. Metoda selecționării, se caracterizează prin faptul că piesele se pot executa cu toleranțe în limite mai largi, precizia cerută obținându-se prin sortarea dimensiunilor pieselor în mai multe grupe corespunzătoare.

În felul acesta, dimensiunile respective ale pieselor din fiecare grupă cu abateri mult mai mici decât cele prescrise la prelucrare.

Avantajele metodei de asamblare prin sortare constau în aceea că asigură realizarea unor ajustaje precise cu piese executate cu abateri relativ mari.

Dezavantajele acestei metode sunt:

– interschimbabilitate limitată;

– necesitatea de a se crea stocuri de piese, fapt care duce la mărirea producției neterminate;

– majorarea costului montării datorită manoperei cheltuite în plus pentru sortarea pieselor.

D. Metoda ajustării, sau a confecționării pe loc în timpul montării, constă în modificarea dimensiunii unei piese, stabilite dinainte, în vederea obținerii preciziei prescrise. Celelalte piese se execută în limitele toleranțelor admisibile.

E. Metoda reglării, se caracterizează prin faptul că precizia stabilită la asamblare se poate obține prin reglarea dimensiunii unei singure piese dinainte stabilite între anumite limite, numită compensator, fără să fie nevoie de nici un fel de ajustare. Reglarea mărimii compensatorului poate fi realizată în două moduri:

– prin introducerea în lanțul de dimensiuni a unei piese (sau mai multe) confecționate în prealabil, la dimensiunea corespunzătoare (compensator fix);

– prin schimbarea poziției uneia din piese (compensator mobil).

Schimbarea poziției se poate efectua prin deplasare, prin rotație sau simultan, prin ambele mişcări.

În construcțiile de aparate electrice se folosesc ca piese de compensare şaibe de dimensiuni fixe, inele, bucşe excentrice sau filetate, şuruburi etc.

În funcție de felul construcției şi scopul montării mecanismelor, a subansamblurilor şi a pieselor, se deosebesc următoarele **tipuri de asamblări:**

– fixe (demontabile sau nedemontabile);

– mobile (demontabile sau nedemontabile);

Asamblările fixe demontabile sunt acelea care permit montarea şi demontarea repetată a pieselor fără deteriorarea lor. Acestea sunt asamblările obținute prin: filet (şuruburi şi prezoane), pene, caneluri.

Asamblările fixe nedemontabile sunt acelea în care piesele dintr-un ansamblu nu se pot deplasa una față de alta şi a căror demontare este posibilă numai prin distrugerea parțială sau totală a părților componente.

Din această categorie fac parte asamblările prin: nituire, sudare şi lipire, presare la cald etc.

Asamblările nedemontabile sunt, în general mai ieftine decât cele demontabile, datorită faptului că operațiile pregătitoare la asamblare sunt mai simplu de executat, necesitând piese cu toleranțe mai largi.

Asamblările mobile demontabile sunt acelea care permit o anumită deplasare a pieselor asamblate (una fața de alta) determinată de schema cinematică a mecanismului respectiv şi demontarea pieselor componente fără deteriorarea lor.

Asamblările mobile se obține cu ajutorul ajustajelor cu joc ale suprafețelor cilindrice, conice, sferice, elicoidale etc.

Astfel de asamblări mobile sunt:

– asamblări cu şurub şi piuliță strânsă parțial, apoi asigurată contra desfacerii;
– angrenajele cilindrice şi conice;
– lagăre cu alunecare;
– rulmenți cu role (demontabili).

Asamblările mobile nedemontabile sunt acelea la care demontarea pieselor nu este posibilă, cu toate că asamblarea pieselor este mobilă.

Ca asamblări mobile nedemontabile, se pot nota:

– asamblările între şurub şi o piuliță, având capetele şurubului nituite, permițând o deplasare a piuliței în anumite limite, fără însă a fi posibilă o desfacere a acesteia de pe şurub;
– rulmenții cu bile şi cel cu role (nedemontabili).

4.8.2. Organizarea proceselor tehnologice de asamblare

Formele organizatorice ale tehnologiei asamblării, funcție de tipul producției, gradul de complexitate al aparatelor şi volumul producției sunt:

– asamblare staționară;
– asamblare în flux.

Asamblarea staționară se realizează de o echipă de montatori care manipulează toate piesele sau subansamblurile confecționate în alte locuri de muncă specializate, aduse la locul de montaj al aparatului. Metoda se utilizează la producția de serie mică sau de unicate.

Tehnologia de asamblare în flux presupune transportul continuu sau intermitent al produsului de asamblat de la un post de lucru la altul.

Transportul se realizează în principal pe benzi de montaj, care pot fi benzi rulante, transportoare pe role, cărucioare pe şine etc.

Organizarea producției pe bandă se pretează la producția de serie şi de masă şi constă în următoarele:

– divizarea procesului tehnologic în operații simple, egale între ele sau multiple din punct de vedere al timpului efectiv de lucru;
– amplasarea locurilor de muncă în concordanță deplină cu procesul tehnologic;
– stabilirea pentru fiecare loc de muncă a operației sau operațiilor care urmează a se executa, ținând seama că aceasta sau aceste operații se fac pe baza ritmului stabilit;
– trecerea pieselor, componentelor, subansamblurilor funcționale de la un loc de muncă la celălalt, bucată cu bucată sau în loturi mici;
– dacă există posibilitatea, se divizează procesul tehnologic în operații elementare, asigurând o organizare rațională şi o singură a întregului proces de producție;

– respectarea „Normelor interne“ şi STAS-urilor pentru materiale, componente şi semifabricate ce intră în componența echipamentului electric.

La stabilirea succesiunii operațiilor trebuie să se țină seama de următoarele considerente:

– operațiile precedente nu trebuie să împiedice realizarea operațiilor curent;

– după operațiile sau fazele susceptibile de a fi rebutate, ca şi după operațiile foarte importante se impune introducerea unor operații de control şi elaborarea unor măsuri profilactice împotriva rebuturilor.

Instrucțiunile tehnologice de fabricație, elaborate pentru fiecare construcție de aparat electric în parte, cuprind indicații de montaj şi verificare, precum şi limitele între care pot să se afle diferite mărimi geometrice (curse ale contactelor, jocuri dintre piese etc.), dinamice (forță de apăsare în contacte, cuplu antagonist etc.), electrice (curentul absorbit, rigiditatea dielectrică etc.), termice, ş.a. Instrucțiunile de montaj cuprinde de asemenea indicații pentru aducerea între limitele prescrise a diferitelor mărimi caracteristice, metode de verificare a calității şi fiabilității, precum şi cerințe ale operațiunilor propriu-zise ale procesului tehnologic de asamblare.

Condițiile ce se impun aparatelor de conectare sau comandă de joasă tensiune sunt atât de diferite încât nu este economic să se construiască un aparat care să corespundă tuturor cazurilor de aplicare. Rezultă ca urmare o mare varietate constructivă a echipamentelor electrice de joasă tensiune.

La stabilirea **succesiunii operațiilor de asamblare** ale echipamentelor electrice de joasă tensiune din categoria contoarelor şi declanşatoarelor electromagnetice se vor ține seama de următoarele considerente:

1. Bobinele de carcasă ale electromagneților de acționare vor fi fixate rigid de placa de bază sau de corpul izolant al aparatului, fiind independente de mişcarea armăturii mobile. Fixarea se poate face fie cu şuruburi, fie cu proeminențe ale carcasei bobinei ce pătrund în locaşuri conjugate, practicate în corpul izolant al echipamentului, fie cu pene. Între suprafețele laterale ale bobinelor fără carcasă şi circuitul magnetic se va prevedea o distanță de cca. 2 mm pentru a facilita introducerea, respectiv extragerea acestora. Bobinele se fixează obişnuit cu miezul magnetic fix.

2. Partea magnetică mobilă trebuie să se aşeze cu un întrefier minimum pe suprafața polară a circuitului magnetic fix.

Din acest motiv, suprafețele polare ale circuitului magnetic trebuie rectificate plan, cu abaterea medie a neregularităților $R_a \leq 1{,}6\ \mu m$ şi cu abateri de la perpendicularitate față de axa longitudinală a circuitului magnetic mai mici decât 0,01.

3. Pentru a rezista în bune condițiuni la numărul mare de manevre pentru care se garantează funcționarea, amortizarea şocului la anclanşare se face prin montarea circuitului magnetic fix şi a spirei în scurtcircuit peste straturi intermediare de cauciuc siliconic sau alt material de preluare a vibrațiilor. După declanşare, dispozitivul de limitare asigură oprirea armăturii mobile fără vibrații.

4. Ghidarea pieselor mobile din materiale termorigide sau metale trebuie realizată cu coeficient de frecare mic pe tot parcursul deplasării lor şi partea magnetică mobilă trebuie să se aşeze coaxial pe axa geometrică a circuitului magnetic fix. În funcție de dimensiunile circuitului magnetic, abaterile de la coaxialitate sunt cuprinse între zecimi de mm până la 1 mm.

5. Înlocuirea părților aparatelor supuse uzurii să se poată face fără demontarea completă a aparatului. De asemenea, pentru aparatele de comutație prevăzute să funcționeze în condiții grele trebuie să existe posibilitatea verificării stării contactelor fără întreruperea funcționării.

6. În cazul circuitelor magnetice, funcționând în curent continuu este necesar să se plaseze pe suprafața polară un distanțator din material magnetic pentru anularea menținerii atrase a armăturii mobile datorită remanenței.

7. Curea între contacte şi în contact, pentru aparatele de comutație şi cursa echipajului electromagnetic mobil pentru declanşatoarele electromagnetice trebuie verificată, reglată şi respectată conform instrucțiunilor de montaj.

8. Resoartele care asigură forțele antagoniste trebuie să aibă un pas de înfăşurare egal pe toată lungimea. Nu este admisă întinderea resoartelor gata confecționate. Capetele resoartelor care lucrează la compresiune trebuie să aibă spire de capăt astfel încât să constituie suprafețe de sprijin plane, perpendiculare pe axa geometrică a resortului.

Pentru evitarea instabilității transversale a resoartelor elicoidale lungi se recomandă prevederea unui ghidaj interior sau exterior.

9. La aparatele de comutație trebuie să se asigure şi să se respecte presiunea de contact prescrisă în documentația tehnologică de montaj.

10. În procesul tehnologic de asamblare mecanică şi al montajului legăturilor electrice ale aparatelor electromagnetice precum şi după terminarea lor este necesar să se asigure un control tehnic amănunțit asupra lucrărilor executate, cu efectuarea încercărilor de control prevăzute în norme şi standarde.

În afara acestor considerente tehnologice generale, la asamblarea aparatelor electrice din grupa contactelor şi declanşatoarelor electromagnetice se vor respecta o serie de cerințe tehnologice legate de domeniul lui de utilizare, frecvență de acționare, condiții climatice etc., care vor fi precizate în documentația tehnologică de fabricație.

4.8.3. Tehnologia inscripționărilor

După asamblare, urmează operații tehnologice de inscripționare, ambalare şi expediere la beneficiar.

Inscripționările sunt deosebit de importante pentru corecta întrebuințare (exploatare) a aparatajului, fie că aceste inscripționări se referă la scalele aparatelor sau la plăcuțele lor indicatoare.

Cele mai răspândite metode de inscripționare sunt inscripționările fără relief, dintre care enumerăm:

Ştampilarea, care foloseşte ştampile dure, metalice, sau ştampile elastice care transportă tuşul de pe ştampilă pe suportul etichetei, folosind dispozitive de poziționare corectă şi de presare uniformă. Ştampila este imprimată cu relieful negativ al semnelor de inscripționat. Precizia de inscripționare este medie.

Transportul (offset) unei imagini de pe un clişeu metalic pe etichetă se realizează prin intermediul unui cilindru de transport din cauciuc. Maşina tipografică de tip ofset are un batiu pe care alunecă o sanie, pe care sunt montate clişeul metalic cu semnele în relief şi piesa suport de inscripționat. Tamburul încărcător depune un strat de tuş pe clişeul metalic, tamburul de transport culege tuşul de pe clişeu şi îl transpune pe suportul etichetei. Procedeul este economic şi dă inscripționări de calitate în funcție de tuşul sau vopseaua utilizată în etichete.

Inscripționarea prin procedeul fotografic urmează tehnica fotografierii. Se acoperă cu emulsie sensibilă la lumină suportul etichetei; se utilizează bicromat de potasiu pentru sensibilitate slabă, în special pentru etichete din sticlă şi emulsii de argint pentru sensibilitate medie în realizarea etichetelor metalice. Se expune la lumină prin copiere de contact (placa cu negativul de copiat se introduce în rama de copiere prin contact). Se colorează cu cerneală tipografică sau cu soluție de anilină. Se îndepărtează apoi emulsia neimpresionată de lumină cu apă caldă la 40...60 °C, prin frecarea cu un tampon de vată a emulsiei exfoliate. Pentru inscripționări cu culori diferite se folosesc şabloane de protecție şi pensulare cu diferite substanțe colorate.

Inscripționări realizate prin placare, constau în presarea sau lipirea unui material pe un suport. Este un procedeu specific inscripționării suporturilor din materiale plastice (în special a răşinilor stratificate). Procedeul oferă o rezistență bună în exploatare. Materialul cu care se face acoperirea poate fi o folie metalică (aluminiu au alamă) sau o pulbere metalică.

Procedeul de placare constă în presarea foliei metalice sau a pulberii metalice pe placa suport a etichetei cu un poanson încălzit, care are în proeminență semnele de inscripționat. Date fiind calitățile adezive ale materialelor termoreactive, folia sau suportul etichetei se acoperă cu un strat subțire de material temoreactiv, astfel că la presare se obține atât îngropare la nivel a foliei sau pulberii, cât şi lipirea foliei de suport precum şi decuparea marginilor semnelor.

Materialul de adaus care nu a fost imprimat este îndepărtat prin smulgere în cazul foliei sau prin frecare cu peria în cazul utilizării pentru placare pulberilor metalice.

Serigrafia constă în presarea unor vopsele sau cerneluri păstoase prin ochiurile fine ale unei site şablon, special realizate în acest scop, cu inscripționările de etichetat.. Procedeul serigrafic este procedeul cu cea mai mare rentabilitate, fiind utilizat pentru serii mari de produse.

Decalcomanda sau procedeul letraset, constă în transpunerea semnelor de pe o hârtie specială pe suporturi din materiale diferite. Se inscripționează astfel panouri de echipamente electronice, instrumente de măsură (cadrane), şasie sau piese. Hârtie cu semnele conține un strat intermediar solubil în apă (clei) şi un strat adeziv. Tehnologia de inscripționare prin acest procedeu este foarte simplă, costul este redus, dar semnele inscripționate sunt de finețe şi precizie medie.

Protejarea inscripționărilor se realizează atât în scopul măririi rezistenței mecanice şi a stabilității în timp şi la intemperii a etichetelor, cadranelor şi scalelor inscripționate cât şi pentru a păstra vizibilitatea semnelor. Se folosesc în principal două metode de protecție a semnelor inscripționate: acoperirea cu lac de protecție incolor sau cu uşoare nuanțe coloristice, ce are aderență mare la materialul suport al etichetei şi care măreşte contrastul dintre suprafața de fond a etichetei şi semnele inscripționate.

Acoperirea cu material de placare transparent, ce este asamblat la materialul suport al etichetei prin şuruburi sau nituri, sau chiar prin lipire la cald sau la rece. Materialul cu care se face placarea trebuie să fie fără defecte şi rezistent la condițiile de exploatare; de asemenea, coeficienții de temperatură al etichetei şi ai plăcii de placare trebuie să fie pe cât posibil apropiați, pentru a nu crea tensiuni interne şi deci o degradare în timp. Se utilizează de obicei ca material de placare sticla organică.

4.9. Controlul tehnic de calitate a proceselor tehnologice

Controlul tehnic de calitate este procesul ce se compune din totalitatea verificărilor şi încercărilor care se efectuează asupra pieselor, subansamblelor şi produselor finite, prin care se stabileşte concordanța parametrilor cu caracteristicile tehnice impuse prin standarde, norme interne şi condiții tehnice.

Practic, controlul tehnic de calitate constă din **ansamblul operațiilor de control** incluse în procesul tehnologic, care trebuie să conțină:

- numărul operațiilor de control,
- succesiunea dispunerii operațiilor de control în procesul tehnologic,
- metodele şi mijloacele de control. Aceste operații de control se execută conform fişelor tehnologice şi instrucțiunilor de lucru stabilite.

Materialele de bază, inițiale, pentru stabilirea tehnologiei controlului sunt:

- desenele pieselor, subansamblelor şi produselor;
- procesele tehnologice ale fabricării pieselor, asamblării şi reglajului subansamblelor şi subansamblului general;
- condițiile tehnice pentru piese, subansamble şi produse finite.

Tehnologul care execută procesul tehnologic trebuie să prevadă numărul operațiilor de control, cea mai potrivită combinație a operațiilor de producție cu cele de control, combinație care să asigure calitatea necesară a pieselor, subansamblelor şi ansamblului general şi relevarea la timpul potrivit a defectelor procesului tehnologic.

Pentru aceasta trebuie să se țină seama de particularitățile producției: starea şi componența echipamentului tehnologic, stabilitatea procesului tehnologic, organizarea producției etc.

Operațiile de control se prevăd obligatoriu după:

- cele mai importante operații tehnologice intermediare care trebuie să asigure respectarea dimensiunilor şi parametrilor de bază necesari pentru prelucrarea în continuare şi asamblarea;
- operațiile la care este posibilă apariția rebutului (condiții speciale de producție, complexitatea prelucrării, echipament instabil etc.);
- operații finale.

Proiectantul tehnolog răspunde, de asemenea de înzestrarea operațiilor de control cu instrumentele, aparatele şi dispozitivele necesare. Operațiile de control se verifică şi se aprobă de către şeful controlului tehnic de calitate al uzinei.

Trebuie observat că necesitatea şi utilitatea introducerii operațiilor de control se determină prin economicitatea şi eficiența controlului.

Deoarece costul produsului în procesul fabricării creşte continuu, probabilitatea admisă a rebutului spre sfârşitul procesului tehnologic trebuie să fie minimă.

Din acest motiv, cât şi în scopul minimizării cheltuielilor de control în procesul producției, se aplică controlul statistic şi selectiv la stadiile inferioare ale producției şi controlul total spre sfârşitul procesului tehnologic.

Controlul tehnic de calitate se clasifică în funcție de diferite criterii pe care le descriem în continuare.

Din punct de vedere **al naturii încercărilor** distingem:

1. încercări mecanice;
2. încercări electrice.

Încercările de control mecanice sunt în general comune întregii industrii a construcției de maşini şi utilaje.

Aceste încercări se efectuează asupra tuturor materialelor, semifabricatelor, pieselor, subansamblelor şi produselor finite.

Încercările de control mecanice se execută prin: verificarea cu ochiul liber (vizual), cu instrumente de măsură uzuale, cu calibre şi dispozitive de control.

Încercările de control electrice se efectuează asupra materialelor, pieselor, subansamblelor şi produselor finite care în funcționare au rol electric.

Se pot executa vizual, cu instrumente de măsură, dispozitive, instalații şi automate de control.

Atât încercările mecanice cât şi cele electrice sunt normalizate, standardizate.

Din punct de vedere **al fazei în care se execută controlul** se deosebeşte:

1.controlul pe operație şi piesă;

2.controlul final;

3.controlul de recepție.

Controlul pe operație şi piesă se mai numeşte şi control intermediar. Pentru un proces tehnologic dat numărul şi organizarea punctelor de control este dictată de criterii de economicitate.

Controlul final este controlul care se execută pe produsele finite şi are un caracter complex, realizându-se conform standardelor şi normelor interne.

Se prevăd următoarele categorii de încercări:

a)încercări de tip;

b)încercări de lot.

Încercările de tip sunt încercările care se execută la asimilarea în fabricație a produsului, sau după modificări introduse în construcție, în procesul tehnologic sau la materiale, modificări care pot influența caracteristicile produselor.

Încercările de lot cuprind o parte din încercările de tip şi reprezintă numărul minim de încercări în urma efectuării cărora, prin rezultatele pe care le furnizează, se poate stabili modul în care calitatea şi performanțele produsului considerat concordă cu datele normativelor.

Controlul de recepție are loc la primirea în întreprindere a materialelor, materiilor prime şi semifabricatelor.

Controlul de recepție cuprinde probe de control: mecanic, electric, magnetic, climatic.

Ca exemple de probe de ale controlului de recepție putem enumera:

- verificarea conductoarelor de bobinaj din punct de vedere al dimensiunilor (diametrul), rezistivitate, calitatea electrică a izolației, calitățile mecanice ale izolației.
- verificarea materialelor magnetice (ridicarea curbei de magnetizare B=f(H), determinarea pierderilor specifice, etc.).

Controlul statistic prevede stabilirea calității producției prin verificări sistematice ale pieselor în procesul de fabricație.

Locul de muncă trebuie să fie asigurat cu fişe de control statistic în care pentru fiecare dimensiune sunt notate abaterile minime admise.

Controlul statistic se recomandă la fabricarea pieselor în serie mare, pe utilaje speciale, care trebuie să asigure o calitate constantă, timp îndelungat.

Aplicarea controlului statistic al calității produselor este condiționată de cunoaşterea modului de desfăşurare a procesului de fabricație. De aceea, este necesar ca înainte de introducerea controlului statistic să se analizeze desfăşurarea procesului de fabricație, adică să se cunoască posibilitățile de precizie şi reglaj ale utilajelor şi să se obțină informațiile necesare privitoare la stabilitatea în timp a procesului tehnologic.

Controlul statistic de calitate necesită parcurgerea următoarelor faze:

1. **Analiza statistică** a procesului tehnologic, premergătoare controlului statistic al calității, care are ca scop să determine stabilitatea procesului tehnologic.
2. **Întocmirea fişelor de control**. Înregistrarea şi interpretarea variațiilor parametrice statistici ai valorilor caracteristicii de calitate studiate se face cu ajutorul unor fişe speciale numite **fişe de control**.

3. **Efectuarea controlului statistic al calității**. Controlul statistic constă în prelevarea la intervale anumite de timp a unor probe de mărime eterminată, înscrierea rezultatelor măsurătorilor în fişe de control, şi apoi efectuarea interpretării acestor rezultate, luându-se deciziile corespunzătoare, conform metodei utilizate.

Creşterea cheltuielilor cu controlul tehnic de calitate impune adoptarea unei strategii a acestui proces tehnologic şi un management al calității bazat pe optimizarea costurilor. Managementul calității (figura 4.20), îşi propune să satisfacă atât cerințele beneficiarilor, cât şi normativele naționale şi internaționale din domeniul calității echipamentelor electrice.

Implementarea sistemului european de asigurare a calității produselor (ISO 9001), permite eliminarea rebuturilor tehnologice, creşterea fiabilității produselor şi a performanțelor tehnice a produselor electrotehnice.

Organizarea procesului tehnologic de asigurare a calității implică un management eficient, logistică performantă şi o continuă perfecționare a metodelor şi echipamentelor de control al calității. Pentru reducerea cheltuielilor cu controlul calității se recomandă automatizarea pe cât posibil a acestui proces şi gestionarea sistată a datelor statistice.

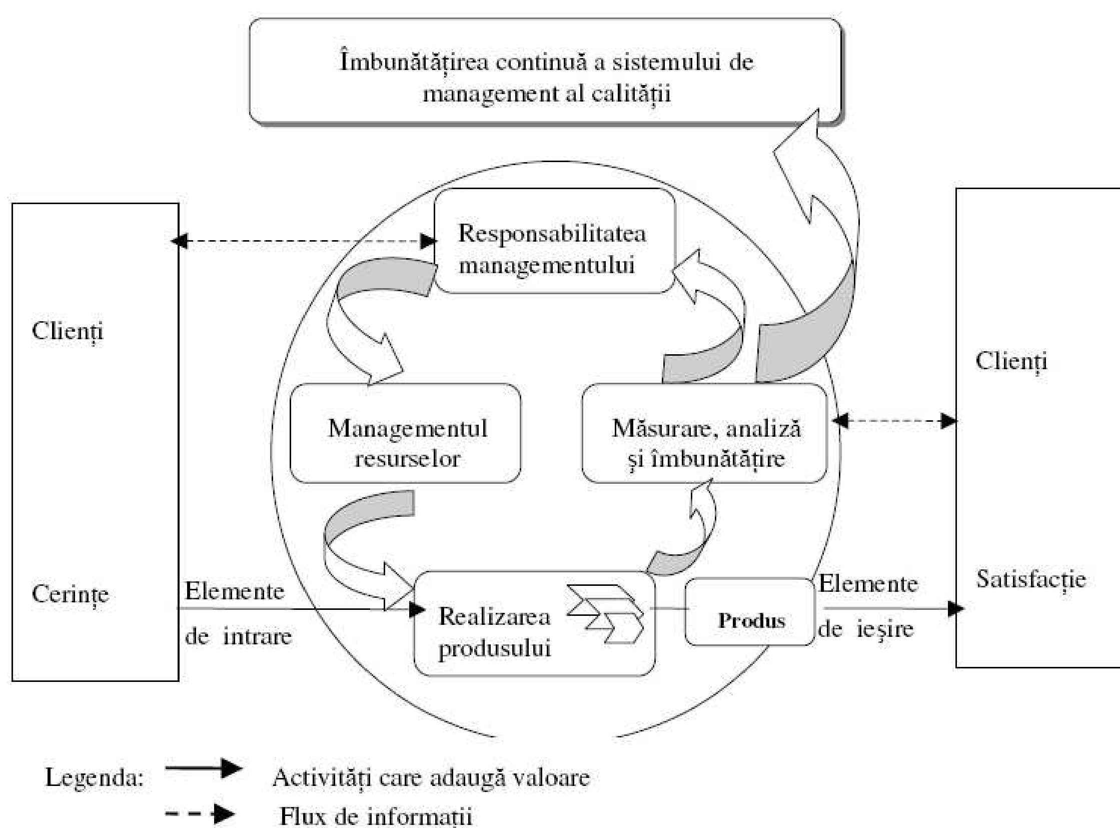


Figura 4.20. Modelul unui sistem de management al calității

Pe baza noțiunilor tehnice prezentate în capitolul „Procese tehnologice” şi pentru a verifica temeinicia cunoştiințelor studiate vă rog să răspundeți la următoarele întrebări:

1. Ce înțelegeți prin fază tehnologică?
2. Ce materii prime se folosesc la obținerea cuprului?
3. Ce procedee tehnologice se folosesc la obținerea cuprului?
4. Ce etape constitue fluxul tehnologic de obținere a cuprului din deşeuri?
5. Ce etape conține procesul pirometalurgic de obținere a cuprului?
6. Ce etape conține procesul hidrometalurgic de obținere a cuprului?
7. Ce etape conține procesul electrometalurgic de obținere a cuprului?
8. Ce este mata?
9. Ce cristale artificiale se utilizează în industria electrotehnică?
10. Ce aplicații au cristale artificiale în industria electrotehnică?
11. Care sunt etapele procesului tehhnologic de obținere a cristalelor artificiale?
12. Definiți operația tehnologică de tăiere.
13. Definiți operația tehnologică de forfecare.
14. Definiți operația tehnologică de ştanțare.
15. Care sunt etapele procesului tehhnologic de forfecare?
16. Care sunt etapele procesului tehhnologic de ştanțare?
17. Clasificați operațiile tehnologice de ştanțare.
18. Definiți operația tehnologică de retezare.
19. Definiți operația tehnologică de decupare.
20. Definiți operația tehnologică de şlițuire.
21. Definiți operația tehnologică de perforare.
22. Ce factori influențează calitatea suprafeței de tăiere?
23. Care este valoarea forței de ştanțare?
24. De cine depinde înălțimea de lucru a plăcii tăietoare a ştanței?
25. Din ce materiale se realizează matrițele de ştanțare?
26. Ce criterii se folosesc la clasificarea matrițelor de ştanțare?
27. Clasificați matrițele de ştanțare din punct de vedere tehnologic.
28. Clasificați matrițele de ştanțare din punct de vedere al numărului de operații.
29. Clasificați matrițele de ştanțare din punct de vedere constructiv.
30. Clasificați matrițele de ştanțare din punct de vedere al modului de exploatare.
31. Definiți procesul tehnologic de deformare la rece.
32. Definiți fenomenul de maclare.
33. Ce factori influențează procesul tehnologic de deformare plastică?
34. Ce legi guvernează procesul tehnologic de deformare plastică?
35. Enunțați legea volumului constant.
36. Enunțați legea rezistenței minime.
37. Enunțați legea similitudinii.
38. Enunțați legea echilibrării tensiunilor suplimentare.

39. Ce tensiuni remanente suplimentare apar la deformarea plastică?
40. Clasificați tehnologiile de deformare la rece.
41. În ce constă procesul tehnologic de îndoire a unui semifabricat?
42. În ce constă procesul tehnologic de ambutisare a unui semifabricat?
43. În ce constă procesul tehnologic de fasonare a unui semifabricat?
44. În ce constă procesul tehnologic de formare a unui semifabricat?
45. Ce limitează raza de curbură la îndoirea plastică?
46. Ce rol are inelul de fixare la ambutisare?
47. Când se utilizează ambutisarea succesivă?
48. În ce constă procesul tehnologic de impregnare a bobinelor?
49. Ce avantaje prezintă bobinele impregnate?
50. Ce etape conține procesul tehnologic de impregnare a bobinelor?
51. Care sunt metodele moderne de impregnare a bobinelor?
52. În ce constă procesul tehnologic de impregnare prin picurare a bobinelor?
53. Când se aplică procesul tehnologic de impregnare prin picurare multiplă?
54. Ce factori influențează procesul tehnologic de impregnare prin picurare?
55. Ce materiale se folosesc la impregnarea bobinelor?
56. Ce etape conține procesul tehnologic de impregnare prin turnare a bobinajelor?
57. Care sunt cele mai utilizate materiale electroizolante?
58. Cum se clasifică materialele electroizolante după comportarea la temperatură?
59. Ce înțelegeți printr-o răşină termoplastică?
60. Ce înțelegeți printr-o răşină termorigidă?
61. Ce răşini sintetice cunoaşteți?
62. Ce proprietăți tehnice au răşinile epoxidice?
63. Ce avantaje prezintă folosirea răşinilor epoxidice față de materialele clasice?
64. Ce rol au răşinile epoxidice într-un sistem de izolații electrice?
65. În ce clasă de stabilitate termică se află răşinile epoxidice?
66. Ce etape conține procesul tehnologic de turnare a răşinilor epoxidice?
67. Ce utilaje se folosesc la turnarea răşinilor epoxidice?
68. Ce caracteristici tehnice au formele de turnare a răşinilor epoxidice?
69. Ce avantaje şi dezavantaje au formele de turnare metalice pentru răşini?
70. Care sunt etapele procesului tehnologic de turnare sub presiune a răşinilor?
71. Ce avantaje prezintă tehnologia TSP?
72. Ce materiale electroizolante stratificate cunoaşteți?
73. Ce metode de obținere a materialelor electroizolante stratificate cunoaşteți?
74. Care sunt etapele metodei umede de fabricare al materialelor stratificate?
75. Care sunt etapele metodei uscate de fabricare al materialelor stratificate?
76. Ce etape conține tratamentul termic al materialelor stratificate?
77. Ce etape constitue procesul de fabricare al cilindrilor din materiale stratificate?
78. Ce subansamble se confecționează din materiale electroizolante stratificate?
79. Care sunt etapele procesului tehnologic de fabricare a camerelor de stingere?

80. Care sunt etapele procesului tehnologic de fabricare a suportului portperii?
81. Ce caracteristici tehnice are tehnologia de armare a izolatorilor electrici?
82. Clasificați tehnologiile de armare a izolatorilor electrici.
83. Ce avantaje prezintă echipamentele electrice turnate în răşini?
84. Ce avantaje prezintă acoperirea cu pelicule de materiale plastice?
85. Ce metode de acoperire cu pelicule de materiale plastice cunoaşteți?
86. Ce înțelegeți prin mase plastice pulverulente?
87. Ce rol are protecția anticorozivă?
88. Ce factori de mediu solicită echipamentele electrice?
89. Cum se clasifică climatic mediul ambiant?
90. Ce caracteristici are climatul temperat?
91. Clasificați microclimatul echipamentelor electrice.
92. Clasificați condițiile de cexploatare a echipamentelor electrice.
93. Ce factori externi influențează funcționarea echipamentelor electrice?
94. Ce metode mecanice de curățire a pieselor cunoaşteți?
95. Ce metode de degresare a pieselor cunoaşteți?
96. Care sunt etapele procesului tehnologic de degresare?
97. Ce procedee de acoperire metalică conoaşteți?
98. Ce tipuri de aliaje metalice se folosesc la acoperirea anticorozivă?
99. Care sunt etapele procesului tehnologic de zincare?
100. Ce tip de tratamente chimice şi electrochimice cunoaşteți?
101. Ce tip de tratamente termochimice cunoaşteți?
102. Ce metode de vopsire cunoaşteți?
103. Ce materiale se folosesc în procesul tehnologic de vopsire?
104. Definiți procesul tehnologic de asamblare?
105. Ce metode de asamblare cunoaşteți?
106. Ce factori tehnici influențează procesul tehnologic de asamblare?
107. În ce constă metoda interschimbabilității totale?
108. În ce constă metoda interschimbabilității parțiale?
109. În ce constă metoda selectivității în procesul tehnologic de asamblare?
110. În ce constă metoda ajustării în procesul tehnologic de asamblare?
111. În ce constă metoda reglării în procesul tehnologic de asamblare?
112. Ce metode de organizare a procesului tehnologic de asamblare cunoaşteți?
113. Ce rol are inscripționarea echipamentelor electrice?
114. Ce metode de inscripționare cunoaşteți?
115. Ce rol are controlul tehnic de calitate?
116. În ce etape ale procesului tehnologic este obligatoriu CTC-ul?
117. Când se efectuează încercările de tip?
118. Când se efectuează încercările de lot?
119. Ce metode de optimizare a controlului tehnic de calitate cunoaşteți?
120. Ce cuprinde managementul controlului de calitate?

5. TEHNOLOGIA ECHIPAMENTELOR ELECTRICE

Echipamentele electrice se constituie ca ansambluri electromecanice desinate pentru comanda şi protecţia instalaţiilor de producere, distribuţie şi utilizare a energiei electrice.

Deşi construcţia aparatelor electrice se caracterizează printr-o mare varietate de forme constructive, dimensiuni, materiale, totuşi pe criteriul funcţiei îndeplinite într-un ansamblu, se poate stabili un numitor comun în ceea ce priveşte procesul tehnologic. O gamă largă din piesele aparatelor electrice confecţionate din metale se prelucrează în conformitate cu procedeele tehnologice specifice construcţiei de maşini.

Din aceste piese amintim: socluri, şasie, carcase, armături, schelele metalice, clichete, biele, manivele etc., piese ce se realizează prin alegerea adecvată a procesului tehnologic: turnare, ştanţare, ambutisare, forjare, sudură etc.

Restul reperelor componente ale reperelor, grupate după rolul funcţional, sunt:

– piese de contact;
– căi de curent (rigide sau flexibile);
– bobine de curent sau tensiune;
– circuite magnetice de flux constant sau flux alternativ;
– izolaţii şi piese izolate;
– rezistoare şi reostate electrice.

În acest fel, fiecare din aceste categorii de repere se individualizează prin abordarea de tehnologii specifice.

Specificul tehnologiei este impus de particularitatea fenomenelor ce se produc în funcţionarea echipamentelor electrice: stingerea arcului electric, forţe electrodinamice, supratensiuni, producerea şi evacuarea căldurii.

Realizarea tehnologiilor specifice este posibilă numai în condiţiile existenţei unei dotări uzinale adecvate. Enumerăm, astfel, câteva din echipamentele şi utilajele specifice:

– maşini de bobinat semiautomate şi automate;
– cuptoare pentru tratamente termice;
– instalaţii de uscare şi impregnare a înfăşurărilor;
– prese pentru injectat şi presat la cald piese din materiale plastice;
– prese pentru ştanţarea circuitelor magnetice;
– instalaţii pentru tratarea uleiului;
– instalaţii pentru vidarea şi umplerea cu SF_6 a instalaţiilor de distribuţie capsulate;
– instalaţii pentru turnarea răşinilor epoxidice;
– instalaţii de vibrare şi umplere cu nisip a siguranţelor;
– instalaţii complexe pentru fabricat condensator industriale.

Cerința creşterii productivității muncii în construcția de aparataj electrotehnic se realizează prin introducerea de procedee tehnologice avansate şi reducerea consumului de materiale. Problema creşterii productivității muncii se corelează cu problemele organizării producției.

În acest scop se impun măsurile:

– reproiectarea produselor, realegerea semifabricatelor şi materialelor;

– îmbunătățiri cu caracter organizatoric orientate către eliminarea pierderilor de timp (îmbunătățirea deservirii locului de muncă, transportul pieselor de la un loc de muncă la altul, aşezarea şi fixarea pieselor în dispozitive etc.);

– raționalizarea tehnologiilor.

Dintre procesele tehnologice caracterizate printr-o productivitate ridicată enumerăm: turnarea sub presiune; sinterizarea; presarea pieselor electroizolante; placarea pieselor de contact; îmbinarea prin sertizare a contactelor rigide; spiralizarea circuitelor magnetice; asamblarea pieselor electrice utilizând un compensator reglabil sau fix.

În ceea ce priveşte modernizarea şi automatizarea proceselor tehnologice se conturează următoarele direcții:

– introducerea şi utilizarea maşinilor unelte cu comandă unică;

– folosirea calculatoarelor electronice de proces pentru modernizarea regimurilor de fabricație;

– activitatea de verificare a calității să fie înlocuită cu sistemul de asigurare a calității;

– aplicarea tehnologiilor neconvenționale;

– organizarea de linii tehnologice în flux continuu.

5.1. Tehnologii de fabricație a contactelor electrice

Pentru a asigura o bună funcționare a aparatelor electrice se utilizează pentru construcția contactelor electrice materiale ce satisfac cerințele impuse de regimurile de funcționare şi anume: rezistivitatea redusă, rezistență de contact mică, stabilitate ridicată contra oxidărilor, sudurii şi uzurii, proprietăți elastice bune.

Dintre metalele, aliajele şi amestecurile prezentate în tabelul 5.1. se utilizează cel mai frecvent:

– cuprul electrolitic (CuE) cu stări de ecruisare HA, HB şi O_1 tare, sub formă de benzi, bare, țevi, table, sârmă sau lingouri, STAS 270-74;

– argintul electrolitic pur (AgE) şi aliajele lui cu metale nobile, sub formă de sârmă, benzi şi table, STAS 270-74;

– bimetale cu argint-cupru sau argint-oțel, laminate împreună cu sub formă de sârmă, benzi sau bare;

– aluminiu electrolitic (AlE) şi aliajele sale (Al-Mg-Si, Al-T-Si);

– wolfram, sub forma contactelor sinterizat;

– materiale metaloceramice, obținute din pulberi presate şi tratate termic la temperaturi înalte, sub formă de plăci şi discuri;

– alămuri, mai ales turnate, pentru piese de formă complicată, care cer o rezistență mecanică ridicată şi forțe de frecare reduse la contactele alunecătoare;

– compoziții din cărbune-cupru grafitat, turnate în diferite forme;

– metale rare şi aliajele lor.

Alegerea corectă a materialului din care se confecționează un contact electric trebuie să aibă în vedere atât proprietățile mecanice şi electrice cât şi considerente economice.

Contactele de rupere ale întrerupătoarelor automate, spre exemplu, se confecționează din cupru sau compoziții metalo-ceramice, ca: cupru-wolfram (30% cupru), argint-wolfram (25-35% argint), argint-molibden (40-50% argint).

Contactele principale (de lucru) ale aceloraşi întrerupătoare se confecționează din argint, argint-oxid de cadmiu (10-15% oxid de cadmiu), argint-nichel (10-30% nichel).

Pentru confecționarea **contactelor din materiale tras sub formă de sârme sau bare** se întrebuințează, în principiu, trei procese tehnologice:

– refularea la rece, la prese de refulat;

– presarea la cald, cu ciocane de presat, pe maşini orizontale de forjat sau la prese;

– strunjirea, pe strunguri automate sau strunguri revolver; acest ultim procedeu conduce la un consum ridicat de material, având şi o productivitate scăzută.

Contactele astfel realizate sunt confecționate pentru intensități foarte diferite, de la fracțiuni de amper la sute de amperi.

Principalele lor forme constructive sunt:

Contacte în formă de nit, confecționate din metale prețioase (Ag, Au) şi aliajele lor sunt prezentate în figura 5.1.

Tabelul 5.1. Proprietățile fizice ale metalelor şi aliajelor folosite la contacte

Metalul Aliajul Amestecul	Densitate la 20 °C [kg/m^3]	Punctul de topire [°C]	Punctul de fierbere [°C]	Conductivitatea electrică la 20 °C 1/Ω·m	Conductivitatea termică la 20 °C [W/m °C]	Duritatea la 20 °C [N/mm^2]	
						moale	recopt
Ag	$10{,}5 \cdot 10^3$	960,8	2210	$60 \cdot 10^6$	418	294,3	686-1030
Au	$19{,}3 \cdot 10^3$	163	2970	$43 \cdot 10^6$	296,78	176,5	490-638
Pt	$21{,}4 \cdot 10^3$	1769	4530	$9{,}3 \cdot 10^6$	71,06	392	735-1177
Pd	$12{,}0 \cdot 10^3$	1552	3980	$9 \cdot 10^6$	71,06	392	735-1177
Rh	$12{,}4 \cdot 10^3$	1966	4500	$22 \cdot 10^6$	87,78	1275	2450-3924

Cu	$8{,}9 \cdot 10^3$	1083	2595	$58 \cdot 10^6$	392,92	490	882-1128
W	$19{,}3 \cdot 10^3$	3410	5930	$18 \cdot 10^6$	167,20	2452	3530-4100
Mo	$10{,}2 \cdot 10^3$	2610	5560	$19 \cdot 10^6$	142,12	1471	255-3924
Re	$21{,}0 \cdot 10^3$	3180	5900	$5 \cdot 10^6$	71,06	2452	3433-6867
Ni	$8{,}9 \cdot 10^3$	1453	2730	$14 \cdot 10^6$	91,96	784	1765-2452
AgNio,15	$10{,}5 \cdot 10^3$	960		$58 \cdot 10^6$	413,82	392,4	784-1079
AgCu3	$10{,}4 \cdot 10^3$	900		$54 \cdot 10^6$	347,84	392,4	883-1373
AgCu5	$10{,}4 \cdot 10^3$	865		$51 \cdot 10^6$	334,40	490,5	883-1471
AgCd5	$10{,}4 \cdot 10^3$	935		$31 \cdot 10^6$	196,46	294,3	784-1177
AgPd30	$10{,}9 \cdot 10^3$	1160		$6{,}5 \cdot 10^6$	58,52	637,6	1373-1765
AuAg20	$16{,}5 \cdot 10^3$	1035		$10 \cdot 10^6$	326,04	343,3	983-1128
AuAg26Ni3	$14{,}4 \cdot 10^3$	1010		$9 \cdot 10^6$	58,52	931,9	1177-1667
AuNi5	$18{,}3 \cdot 10^3$	1000		$7 \cdot 10^6$	83,60	981	1471-1864
AuPb10	$19{,}5 \cdot 10^3$	1100		$8 \cdot 10^6$	54,34	441,4	883-1128
PbI310	$21{,}6 \cdot 10^3$	1785		$4 \cdot 10^6$	29,26	1030	1716-2109
PbNi8	$19{,}1 \cdot 10^3$	1650		$3{,}4 \cdot 10^6$		1569,6	1962-3433
PdCu15	$11{,}3 \cdot 10^3$	1370		$2{,}5 \cdot 10^6$		882,9	1765-2158
AgNi10	$10{,}1 \cdot 10^3$	960		$54 \cdot 10^6$		490,5	882-1275
AgW30	$12{,}0 \cdot 10^3$	960		$40 \cdot 10^6$		637,6	1079
AgMo50	$10{,}2 \cdot 10^3$	960		$31 \cdot 10^6$		981	1373
AgCdo10	$10{,}1 \cdot 10^3$	960		$45 \cdot 10^6$		588,6	1079-1373
AgWC20	$11{,}2 \cdot 10^3$	960		$40 \cdot 10^6$		784,8	981
AgC0,5	$10{,}2 \cdot 10^3$	960		$55 \cdot 10^6$		392,4	–
CuW40	$10{,}8 \cdot 10^3$	1083		$40 \cdot 10^6$		882,9	1275
CuMo50	$9{,}5 \cdot 10^3$	1083		$40 \cdot 10^6$		1275,3	

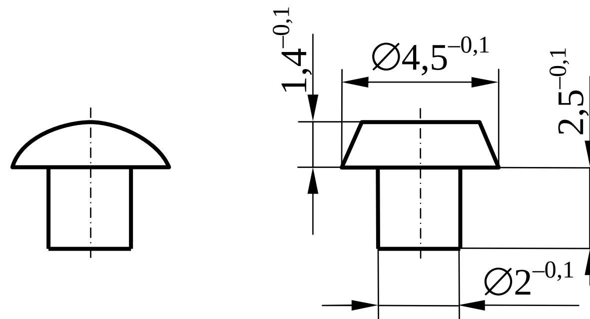


Figura 5.1. Contacte sub formă de nit.

Fiind utilizate în construcția aparatelor electrice pentru curenți slabi, ele au dimensiuni mici şi din această cauză se întrebuințează sub formă de sârmă, iar fixarea lor pe suporturile de contact se realizează prin nituire.

Contacte sub formă de şurub (figura 5.2), întrebuințate la construcția unor aparate al căror curent nominal este de până la sute de amperi. Sunt confecționate din cupru, alamă sau oțel, livrate sub formă de sârmă, bare rotunde, hexagonale sau pătrate.

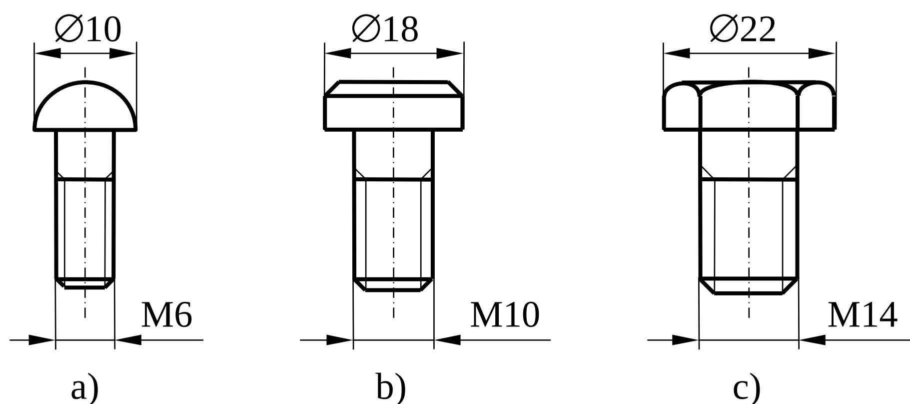


Figura 5.2. Contacte sub formă de şuruburi:
a) cu cap rotund; b) cu cap cilindric; c) cu cap hexagonal.

Fixarea acestor contacte în orificiile protcontractelor se face prin înşurubare sau cu ajutorul piulițelor.

Contactele tip fişă de legătură şi priză, se folosesc în circuitele electrice de curenți relativ reduşi (zeci de amperi), fiind confecționate din alămuri sau bronzuri în formă de sârme sau bare.

La contactele de tip fişă-priză ale circuitelor secundare, fişele se prevăd cu ştifturi de contact care se realizează fie cu profil cilindric, fie cu plăci de secțiune dreptunghiulară, funcție de valoarea curentului.

Soluția tehnologică optimă de realizare este presarea în matrițe (la producția de unicat se înlocuieşte cu prelucrarea prin aşchiere). Unele ştifturi cilindrice se prevăd cu frezare longitudinală pentru asigurarea presiunii de contact rezultată din proprietățile elastice ale materialului (alamă sau Cu tare). Ştifturile cilindrice ale unor piese de conectare moderne se prevăd cu mai multe lamele arcuitoare longitudinale subțiri.

Fixarea ştifturilor de corpul electroizolant al fişei se face prin organe de asamblare (şuruburi, piulițe, nituri), sau prin înglobarea în masa electroizolantă a fişei.

Protecția împotriva coroziunii se realizează prin acoperiri electrolitice.

Soluția constructivă a prizei este corelată corespunzător cu cea a fişei; la priză se prevăd elemente arcuitoare independente: elementele active ale prizelor se prevăd îngropate, accesul la ele fiind asigurat prin orificii calibrate după profilul şi dimensiunile fişelor. Tehnologia părților active comportă procedee de presare la rece justificate de dimensiunile de gabarit şi producția de serie mare.

Contactele tip fişă-priză ale circuitelor primare (contactele debranşabile din celulele prefabricate) se realizează în două variante constructive: tip **teacă-cuțit** şi tip **tulipă-tijă**, ultimul fiind prezentat în figura 5.3.

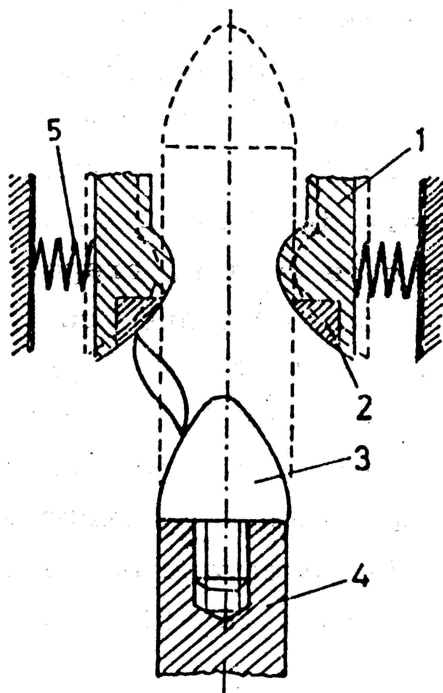


Figura 5.3. Contact de tip tulipă-tijă.
1. Segmente conductoare de tip deget, cu profil: trapezoidal, lamelar, sau în forma literei Z, 2. Inserție de wolfram pentru preluarea arcului electric,
3. Tijă, 4. Resoarte.

Operațiile procesului tehnologic al fabricării contactelor din sârme sau bare reprezintă o prelucrare obişnuită a metalelor, putându-se alege o variantă sau alta, după cum rezultă din fişele tehnologice centralizate în tabelul 5.2.

Tabelul 5.2. Procesul tehnologic de fabricație a contactului tip nit cu capete refulate.

Tipul contactului	Denumirea operației	Utilajul folosit
Nit cu capete refulate	Refularea capului	Presă automată de refulat nituri
	Tăierea la dimensiune	
	Acoperire electrochimică	Băi de tratamente electro-chimice
Şurub cu cap refulat	Debitarea materialului hexa-gonal, pătrat sau rotund	Presă cu excentric Foarfece ghilotină
	Debavurarea	Utilaje de şlefuit şi polizat
	Ştemuirea capului sau presare la cald	Presă cu excentric Presă hidraulică
	Rularea filetului sau tăierea filetului	Maşini unelte de rulat sau filetat
	Debavurarea	Maşini de şlefuit şi polizat
	Preluarea chimică şi acoperi-re electrochimică	Băi şi alte utilaje specifice
Şurub strunjit	Prelucrarea prin strunjire cu tăierea filetului	Strung paralel Strung revolver Strung automat
	Prelucrarea electrochimică	Băi şi alte utilaje specifice

Tehnologia fabricării contactelor ştanțate din benzi şi table este foarte răspândită în construcția de e4chipamente electrice.

Se împarte din punct de vedere tehnologic în:

Contacte lamelare elastice confecționate din benzi sau table de bronz, alamă, cupru, oțel sau din bimetale.

Procesul tehnologic de confecționare a unui astfel de contact, utilizat în construcția unui contactor de c.a., cuprinde următoarele operații:

– Debitarea în fâşii, astfel încât direcția de laminare a materialului să coincidă cu lungimea contactului, pentru a se folosi cât mai bine proprietățile mecanice ale materialului;

– Ştanțarea conturului şi a orificiilor, cu prese excentric, verticale, cu ajutorul matrițelor de ştanțat;

– Tratamentul termic de recoacere, pentru eliminarea tensiunilor interne şi prevenirea apariției crăpăturilor datorate durității materialului;

– Îndoirea, cu ajutorul preselor excentrice şi matrițelor;

– Calibrarea, cu ajutorul preselor cu excentric şi matrițelor, pentru a obține forma impusă prin documentație;

– Zencuirea, operația de efectuare, prin burghiere, a adâncimilor conice pentru capetele şuruburilor;

– Filetarea orificiilor, pe o instalație de filetare cu tarozi;

– Prelucrarea chimică, cuprinzând degresarea, spălarea, acoperirea electrochimică şi uscarea.

Contactele şi piesele de contact neelastice, realizate prin ştanțare, din material sub formă de benzi sau table din cupru, alamă sau oțel cu conținut redus de carbon.

Tehnologica fabricării contactelor cu aplicații din argint, materiale metalo-ceramice şi alte compoziții au o largă răspândire în construcția aparatelor electrice datorită faptului că permit economisirea materialelor nobile, fără înrăutățirea proprietăților de contact, micşorarea gabaritelor şi greutății aparatelor, diminuarea presiunii de contact, precum şi realizarea unor construcții mai stabile față de oxidare sau uzură mecanică.

Procesul tehnologic de realizare a acestor contacte cuprinde următoarele operații mai importante:

– Confecționarea bazelor contactelor;

– Confecționarea aplicărilor, prin tăierea şi ştanțarea plăcilor şi discurilor din benzi şi table metalice, sau prin sinterizarea la dimensiuni în cazul aplicărilor din materiale metalo-ceramice;

– Fixarea aplicărilor pe baza contractelor, prin cositorire, sudare prin puncte, lipire, nituire, presare în orificii, refulare etc.

Unele contacte utilizate la întreruptoare şi contactoare se obțin prin ştanțarea unor semifabricate livrate de întreprinderi specializate sub forma unor benzi şi profiluri din bare placate din bimetal.

La proiectarea aplicațiilor trebuie să se tindă la utilizarea unor dimensiuni cât mai mici pentru a se economisi materialele costisitoare, iar procesele tehnologice de fabricare trebuie corect alese pentru a determina deşeuri minime.

Contactele sinterizate corespund regimului de funcționare caracterizat prin puteri de rupere ridicate, acolo unde se impune o rezistență mare la arc electric.
Materialul indicat în acest scop este wolframul, cu punct de topire ridicat. Acesta prezintă însă dezavantajul de se menține în pauza de curent o temperatură ridicată a electrodului, ceea ce favorizează reaprinderea arcului. De aceea folosirea wolframului impune o viteză mare de deplasare a contactelor, astfel că răcirea coloanei aerului să se facă prin lungimea sa. Wolframul se utilizează în amestec cu cuprul la tipuri de contacte obținute prin procesul sinterizării, care este o tehnologie specifică pulberilor metalice.

Pulberile sunt materiale formate din particule (granule) de metale pure, aliaje, compuşi intermetalici, compuşi chimici ai metalelor sau amestecuri mecanice ale mai multor componente: dimensiunile granulelor sunt cuprinse în domeniul 0,5-400 μm.

Sinterizarea reprezintă un tratament termic realizat într-o atmosferă controlată, prin care se consolidează amestecul de pulbere, prin stabilirea unor legături metalice continue între granule. Predomină fenomenele de difuzie. Sinterizarea se realizează în mediu neutru, reducător, pentru evitarea fenomenului de oxidare, întrucât oxizii de granule se interpun şi frânează procesul de sinterizare.

Un contact sinterizat realizează un compromis între rezistența ridicată la ardere (punct de topire ridicat) a wolframului şi conductibilitatea electrică ridicată a cuprului.

Transformarea metalelor în granule cu dimensiuni calibrate se realizează pe următoarele căi:

- Mecanic, prin măcinare în mori cu bile, cu vârtej, vibratoare etc. Procedeul este energofag (2,5-3 kWh/kg) şi are productivitate scăzută (10-15 kg/h).
- Prin pulverizarea din fază lichidă, care constă în turnarea metalului topit într-un curent de aer comprimat (5-8 barr) cu viteză foarte mare, materialul pulverizându-se şi căzând într-o baie de apă.
- Electrolitic, procedeu aplicabil tuturor metalelor, constând în depunerea electrolitică sub formă dispersată.

Aglomerarea şi presarea pulberilor se realizează în matriță la cald. Există trei tehnologii de sinterizare:

– **Sinterizarea fără fază lichidă**: metale sunt amestecate sub formă de pulbere, încălzite la o temperatură mai mică decât temperatura lor de topire şi apoi presate în matrițe special dimensionate în acest scop.

– **Sinterizarea cu fază lichidă**: amestecul de pulberi metalice este adus la o temperatură de topire superioară temperaturii de topire a componentelor care se află în cantități mici. Are neajunsul că produsul finit se deformează, prezentând zbârcituri.

– **Sinterizarea cu strecurare** – componentul cu temperatura de topire ridicată e presat şi încălzit sub temperatura sa de topire, formând un schelet poros. Acest schelet este înmuiat în componentul cu temperatura de topire redusă, adus în stare lichidă.

Aceasta din urmă pătrunde prin capilaritate în porii scheletului. Produsul finit nu se deformează şi nu prezintă zbârcituri. La un conținut mai mare de 60% W, sinterizarea este cu fază lichidă, iar la un conținut mai mic de 60% W sinterizarea este fără fază lichidă. Contactele sinterizate cu W sunt însă oxidabile şi ca atare nu pot fi utilizate drept contacte de durată, ci precontracte (la închidere) sau contacte de arc (la deschidere).

Se utilizează în ulei, SF_6 şi în aer uneori, atunci când contactele au o frecvență mare de acționare şi se îmbină cu frecare pentru înlăturarea stratului de oxid.

Alte tipuri de contacte sinterizate sunt cele pe bază de Ag-oxizi metalici (SnO_2, PnO_2 şi în special CdO). Aceste tipuri de contacte au apărut ca rezultat al cercetării ştiințifice orientate în direcția reducerii consumurilor de materiale.

Unul din materialele deficitare este argintul, din a cărui producție totală 25% este folosit în industria electrotehnică. Contactele sinterizate din Ag-CdO cu 6-15% CdO şi-au găsit largi aplicații în aparatajul electrotehnic de joasă tensiune.

Argintul este unul din metalele cu cele mai bune proprietăți electrice şi termice. Straturile de oxidare de pe suprafața argintului se formează de 10 ori mai încet decât pe suprafața cuprului, au densitate şi rezistență electrică mult mai mici, escompunându-se foarte uşor la temperaturi ridicate. Totodată contactele pe bază de Ag au o rezistență mecanică de 4-5 ori mai mare decât cele pe bază de cupru.

În realizarea contactelor sinterizate Ag-CdO s-a ajuns la creşterea conținutului de CdO până la 30% şi înlocuirea stratului de lipire din Ag pur cu un alt metal sau pseudoaliaj (Cu, Ag, Ni). În acest scop se aplică trei procedee tehnologice:

Sinterizarea cu aditiv – metoda constă în doparea materialului Ag-Cd, obținut prin amestecarea mecanică a componentelor cu un adeziv (săruri solubile ale metalelor alcalino-pământoase cu temperaturi de descompunere mai scăzute decât temperaturile de sinterizare) care are ca efect obținerea după sinterizare a unui grad înalt de densificare a materialului şi implicit, îmbunătățirea substanțială a proprietăților fizico-mecanice şi electrice.

Oxidarea internă a pulberilor de aliaj. Metoda constă în amestecarea mecanică a pulberilor componente Ag şi CdO, reducerea lor la un aliaj AgCd şi oxidarea internă a aliajului pulverizat.

Obținerea contactelor Ag-CdO din amestecuri de pulberi coprecipitate chimic. Pentru obținerea amestecurilor de pulberi coprecipitate chimic cu 20-30% CdO restul Ag s-a adoptat procedeul depunerilor de Ag şi Cd din soluții de azotat, cu ajutorul carbonatului de sodiu. Precipitatele de carbonat de argint şi carbonați bazici hidratați de Cd se descompun termic în aer la 500 °C, până la Ag-CdO, se spală cu apă pentru îndepărtarea sodiului şi apoi se usucă. Pulberile aduse prin compactare, concasare şi sortare la o granulație de 125-630 μm se presează în dublu strat (cu un strat de lipire din Cu şi Ag-Ni), presiunea fiind de (2-4) tf/cm^2 şi de sinterizare la 850 °C, timp de două ore.

Contactele obținute prin aceste tehnologii beneficiază de avantajul micro-structurii deosebit de fine. Proprietățile acestor tipuri de contacte (Ag-CdO şi SnO_2) se recomandă în special pentru aparatajul de joasă tensiune, mai ales pentru cele ce solicită contacte cu dimensiuni mici: contoare, releee, scurt-circuitoare pentru protecția redresoarelor de pe locomotive LE 5100 CP.

Dezavantajele contactelor Ag-SnO_2 constă în rezistența de contact mai mare, ceea ce duce la încălziri mari, în special în curent continuu. Alte tipuri de contacte cu rezistența la arc electric sporită sunt cele sinterizate din Ag-Ni-C.

La unele tipuri constructive de contacte sinterizate, aducerea la cotele impuse de desenul de execuție necesită prelucrări mecanice. În general se apelează la rectificare. Se recomandă folosirea de scule armate cu plăcuțe din oțel dur, prelucrarea cu viteze ridicate şi avansuri mici.

La produsele poroase se recomandă tratamente termice (recoacerea de recristalizare, călirea, revenirea, durificarea).

Tehnologia de fabricație a contactelor turnate se referă la o gamă largă de forme constructive de contacte electrice nu pot fi obținute printr-unul din procedeele enumerate ai sus fie din motive economice fie din imposibilitatea realizării lor pe aceste căi: este cazul pieselor de contact masive, cu forme constructive complicate, cum ar fi port-contactul de la întrerupătoarele de înaltă tensiune. În prezent, marea majoritate se obțin prin procedeul de turnare la nisip sau cochilă din aliaje de Al, Cu sau bronz. Obținerea pieselor de contact prin turnare este deficitară sub aspectul obținerii parametrilor funcționali în limitele impuse (cum ar fi rezistivitatea), întrucât valoarea lor este sensibil determinată de compoziția şarjei de turnare, în funcție de conținutul de impurități. În cazul pieselor de complexitate mare se impune cu necesitate procedeul de turnare la joasă presiune cu contrapresiune, care oferă o precizie dimensională ridicată, permite reducerea adaosurilor de prelucrare şi a toleranțelor pieselor turnate. Un avantaj major al folosirii acestor metode este faptul că, parametrii de bază ai procesului de turnare, odată determinați în timpul probelor de omologare, pot fi controlați perfect prin instalații de măsură adecvate, reducând considerabil rebuturile. După turnare, piesele de contact sunt supuse unui tratament termic de recoacere, sau unei îmbătrâniri naturale pentru eliminarea tensiunilor interne. Urmează operația de debavurare, în tobe rotative, după care piesele trec la prelucrări mecanice, care, în special la contactele de aluminiu, ridică probleme legate de necesitatea folosirii unor cuțite cu unghiuri de tăiere pozitive, ca să nu încarce cu sporul de metal moale (contrar ca la oțel, la care, în acelaşi scop, se cer unghiuri de tăiere negative).

Într-o instalație electrică există mii de îmbinări de contact, de funcționarea cărora depinde siguranța în exploatarea ansamblului. Ca urmare, în exploatare se impun contactelor următoarele condiții principale:

– siguranța legăturii de contact;
– rezistența mecanică;
– încălzirea sub valoarea admisă în regim permanent,
– stabilitate termică şi dinamică mărită;
– rezistența la arc electric (uzură tolerabilă datorită eroziunii materialului);
– absența vibrațiilor.

Respectarea acestor condiții impune:

- alegerea unei soluții constructive optimă şi compatibilă cu aparatul respectiv;
- alegerea materialului de contact în concordanță cu condițiile impuse acestuia şi categoria de aparat;
- stabilitatea unei soluții tehnologice eficiente, care să ducă la o fiabilitate ridicată cu consum redus de materiale şi energie.

În acest scop se va acorda o atenție deosebită acurateței prelucrării mecanice şi mai ales rugozității suprafețelor la contactele amovibile mici, de joasă tensiune şi care lucrează cu presiuni reduse de contact.

La presiuni mari de contact şi la piese masive nu se mai impune acurateţe deosebită a prelucrării, ci se prevede chiar randalinarea piesei (mai ales la piese cilindrice).

Se vor elimina, în măsura posibilităţilor, prelucrările pieselor de contact pe maşini unelte, înlocuindu-se prin presare la cald sau la rece. Creşte astfel coeficientul de utilizare şi productivitatea muncii.

Acolo unde se impune totuşi prelucrarea mecanică, se vor evita conicităţile care pretind SDV-uri speciale şi calificare înaltă a muncitorului; se vor prefera semifabricatele cu profil hexagonal sau pătrat în locul celui cilindric pentru a asigura astfel folosirea cheilor standardizate de strângere.

Piesele de contact ştanţate la rece se vor concepe astfel ca să rezulte deşeuri reduse, prin asigurarea unui plan de croire optimă a prefabricatului în scopul obţinerii unui raport optim între secţiunea utilă şi cea totală.

Razele de îndoire a contactelor obţinute prin deformare plastică vor fi comparabile (cel puţin egale) cu grosimea prefabricatului.

Dintre toate conexiunile flexibile se vor prefera tresele sau împletiturile, întrucât prezintă cea mai mare fiabilitate la deformări repetate. Pentru secţiuni cuprinse între 20 şi 70 mm^2 se recomandă benzi plate. La aceste diametre orificiile vor fi egale sau mai mari decât grosimea conexiunii, evitându-se prin cinematică raze de îndoire mai mici decât grosimea conexiunii.

Contactele placate se vor concepe şi realiza cu bare având dimensiuni mult mai mari decât piese pentru placat, acestea din urmă fiind din metale mult mai scumpe şi deficitare şi la care se vor evita prelucrările prin aşchiere.

Acolo unde este cazul se va opta pentru o conexiune rigidă din mai mult plăci subţiri în locul unei piese masive. Plăcile subţiri se realizează mai uşor, asigură o suprafaţă de răcire mai mare, ceea ce face posibilă reducerea secţiunii active, cu implicaţii asupra economiei de metale neferoase. Se va evita izolarea suprafeţelor.

Dintre contactele multiple tip filă-priză se va prefera soluţia cuţit-furcă celei tijă-tulipă, întrucât asigură un grad de libertate mai mare şi permite toleranţe tehnologice mai largi la montaj şi reglaj.

5.2. Tehnologia de fabricaţie a căilor de curent din bare rigide

Barele rigide, izolate şi neizolate, sunt folosite în construcţia căilor de curent ale aparatelor electrice şi a tablourilor de distribuţie, putând fi bare colectoare sau derivaţie, racordurile între diverse aparate etc.

Barele se fixează pe izolatoare fie rigid (fără posibilitatea de deplasare longitudinală), fie prin piese care permit asemenea deplasări şi înlătură pericolul ca prin dilatare să apară deformaţii sau eforturi în izolatoare.

Îmbinarea barelor se poate executa prin:

– suprapunere şi strângere cu şuruburi ce le traversează;

– suprapunere şi strângere cu piese de strângere;
– sudură;
– sertizare.

În cazul asamblării cu şuruburi, toate piesele din oțel se vor galvaniza, iar la barele de aluminiu şuruburile se vor prevedea cu şaibe de oțel şi cu inele de siguranță.

Piesele de distanțare, confecționate din acelaşi material ca cel al căilor de curent principale, vor avea grosimea acestora, lățimea egală cu conducta de derivație, iar lungimea egală cu lățimea barei principale.

Îmbinarea cu piese de strângere se poate realiza prin suprapunerea barelor şi strângerea lor, obținând o calitate superioară îmbinării cu şuruburi. Acest tip de îmbinare este uşor demontabil şi necesită manoperă mai redusă pentru montare, dar este mai scump datorită prezenței pieselor de strângere. Utilizarea sa este justificată în special în instalațiile în care se prevede demontarea barelor.

Piesele de strângere se pot realiza din fontă turnată, fiind prevăzute cu nervuri de întărire. Pentru curenți de peste 1000 A ele se confecționează din metale neferoase sau fontă magnetică, fiind indicată utilizarea şuruburilor de strângere din bronz. Îmbinarea profilurilor prin sudură este rapidă, de bună calitate, asigurând o productivitate ridicată execuției, însă nu se poate demonta.

Pentru realizarea prin sudură a unei legături electrice de calitate se impune respectarea următoarelor condiții:

– utilizarea materialului de adaos de acelaşi grad de ecruisare (tare, semitare, sau moale) ca al barelor ce se îmbină prin sudură;
– evitarea apariției golurilor în masa sudurii;
– verificarea la încălzire a barelor sudate parcurse de curenții nominali, de durată.

Sudarea barelor din cupru se execută autogen, fără întreruperi, după o prealabilă încălzire a pieselor, care dacă sunt mai groase de 5 mm se topesc la capete.

Sudura se ciocăneşte la 200-300 °C, după care se încălzeşte din nou la 500-600 °C şi se răceşte apoi brusc prin cufundare în apă.

Ecruisarea locului sudat se realizează în continuare prin ciocănirea cu un ciocan plat din cupru.

Sudarea barelor din aluminiu se execută în agregate speciale, fiind o sudură cu arc electric în mediu protector de argon, utilizând ca material de adaos sârmă de aluminiu de 2-3 mm diametru, bine curățată în prealabil.

Îmbinarea prin sertizare (presare la rece), executată prin presarea la rece cu dispozitive speciale, constă în întrepătrunderea materialelor celor două piese care se îmbină. Pentru oprirea deformării, în zonele vecine sertizării se exercită o presiune de cca 15-20% din cea de sertizare, care este de 12-30 daN/mm^2 pentru aluminiu şi 40-60 daN/mm^2 pentru cupru. Rezultă o îmbinare nedemontabilă, care prezintă avantajul unei execuții rapide şi de calitate, însă nu este aplicabilă decât în ateliere dotate cu instalații de presare.

Căile de curent racordate la agregate care vibrează (întreruptoare, separatoare) vor fi executate din bare rigide, care pentru a nu transmite eforturi mecanice altor aparate sau suporturi izolate trebuie să aibă cel puțin o îndoitură pe lat, la 90°, lungimea minimă a porțiunii îndoite trebuind să fie de 20 de ori mai mare decât grosimea barei.

Operațiile de tăiere a barelor conductoare rigide se pot executa cu ajutorul foarfecelor mecanice, cu ferestrăul circular sau, mai rar, cu ferestrăul manual.
După tăiere este necesară o operație de debavurare, care se realizează pe maşini de rectificat sau, în producția de serie mică, cu pila.

Înainte de îndoire barele se supun operației de călire pentru detensionarea materialului şi evitarea fisurilor. Călirea se face în cuptoare la o temperatură de 600-700 °C, timp de 1-3 ore pentru bare din Cu şi la o temperatură de 180-200 °C, timp de 10-15 ore pentru cele din aluminiu. După încălzire barele se răcesc rapid în băi.

Îndoirea pe lat a profilurilor pentru legături electrice rigide se execută cu dispozitive de îndoit pe lat sau cu ajutorul unui dorn. Pentru realizarea îndoiturilor etajate (în S), necesare îmbinării în prelungire prin suprapunerea barelor se recomandă utilizarea unui dispozitiv adaptat la o presă sau la dispozitivul de îndoit bare pe lat. De asemenea, dacă legătura electrică rigidă e prevăzută să fie realizată cu mai multe bare în paralel este indicat ca îndoirea întregului pachet să se execute simultan.

Îndoirea pe muchie se execută cu dispozitiv manual sau mecanic. Diametrul minim al roții în jurul căreia se efectuează îndoirea pe muchie a barelor din cupru şi aluminiu este prezentat în tabelul 5.3.

Tabelul 5.3. Diametrul minim de îndoire a barelor de cupru

Materialul		Diametrul minim al roții la îndoirea pe muchie [mm]							
	Lățime bară [mm]	20	25	30	40	50	60	80	100
Cupru		30	30	30	40	50	90	120	150
Aluminiu		45	45	45	6	75	120	160	200

Găurirea pentru îmbinare prin şuruburi sau pentru fixarea pe suporturile izolate, se poate executa centralizat î cadrul producției de serie mare prin burghiere pe maşini verticale de găurit multiax sau în cazul producției de serie mică prin burgierea cu ajutorul maşinii de găurit portative, electrice. Găurile pentru îmbinare, intrând în categoria celor scurte (lungimea găurii fiind mai mică decât de 10 ori diametrul acesteia), permit utilizarea unor viteze de aşchiere economice, cuprinse între 0,1-0,5 mm/rotație. Unghiul la vârf al burghielor folosite este indicat să fie în jurul valorii de 140°.

După burghiere, bavurile se îndepărtează cu un burghiu de diametru mai mare şi apoi găurile se vor curăța cu o pilă fină. Burghierea barelor din cupru se realizează în două etape: întâi se execută o găurire cu diametrul de 3-6 mm, iar apoi se execută gaura de diametrul necesar. La barele din aluminiu, găurile se pot executa direct la diametrul necesar.

Pentru evitarea apariției unor rezistențe de contact prea mari, care pot provoca încălziri locale exagerate, putând conduce la scoaterea legăturii electrice din funcțiune, este necesar ca prelucrarea suprafețelor de contact la îmbinările cu şuruburi să se facă cu deosebită grijă, astfel încât să nu existe nici o bavură sau denivelare. În acest scop se unge suprafața barei cu un strat de vaselină tehnică, STAS 917-73 şi se prelucrează suprafața cu o perie disc din sârmă, montată pe axul unui polizor sau a unei maşini de găurit. Vaselina şi pilitura formată se îndepărtează prin ştergere cu benzină şi curățire, după care se aplică imediat un strat subțire de vaselină tehnică curată.

5.3. Tehnologia de fabricație a legăturilor electrice flexibile

Legăturile electrice flexibile se utilizează în construcția de aparate electrice pentru racordarea în circuit a contactelor mobile ale aparatelor de comutație, alimentarea elementelor de circuit care îşi schimbă poziția în spațiu, preluarea efectelor fenomenului de dilatare a căilor de curent din bare rigide, cu lungimea mai mare de 2 m, împiedicarea transmiterii vibrațiilor ş.a. Legăturile electrice flexibile trebuie să asigure o bună conductibilitate electrică chiar după efectuarea unui mare număr de manevre (milioane de ori) între piesa fixă şi cea mobilă şi nu trebuie să creeze eforturi apreciabile care să se opună mişcării de oscilație a pieselor mobile, racordate, ale aparatelor electrice.

Legăturile electrice flexibile se confecționează din fâşii de tablă de cupru cu grosimea de 0,1...0,15 mm, sau din fire de cupru cu diametrul cuprins între 0,05 şi 0,1 mm.

Secțiunile corespunzătoare ale pieselor flexibile din bandă se realizează prin suprapunerea unui mare număr de fâşii în paralel, care se consolidează între ele prin nituire la capete, introducerea capetelor în papuci, de care se cositoresc, sau cositorirea şi presarea părților terminale.

Legăturile flexibile din conductoare de cupru se realizează prin împletirea unui număr de fire lițate şi apoi prin împletirea acestora, obținându-se legături răsucite sau plate.

Papucii de racordare ai elementelor flexibile sunt confecționați din țevi sau table de cupru sau alamă, de care se cositoresc firele sau benzile conductoare. Cositorirea trebuie realizată cel mult până la nivelul centrului orificiului de fixare a piesei flexibile, pentru a se produce rigidizarea şi ruperea la manevre a capătului legăturii flexibile. Papucii se presează cu un dispozitiv special (ρ =25-30 daN/cm^2) pe conexiunile flexibile.

La legăturile flexibile puternic arcuite şi formate dintr-un număr mare de fâşii din tablă, nituirea capetelor se face pentru ansamblul de fâşii, curbat într-o poziție apropiată de cea de funcționare.

Tabelul 5.4. Specificația de material pentru legături flexibile

Poz.	Denumirea	Material	Dimensiunea	Bucăți	STAS	Masa
1	Bandă de cupru	Cu E 1/2 t STAS 270-74	0,5 ×60 – 360	16	427-73	2,05
2	Bandă de cupru	Cu E 1/2 t STAS 270-74	0,5 ×60 – 80	4	427-73	0,256
3	Şurub hexagonal prelucrat	OL 50 STAS 500-68	M 16 – 50	4	4227-70	0,436
4	Piuliță hexago-nală prelucrată	OL 37 STAS 500-68	M 16	4	4071-69	0,124
5	Șaibă specială	OL 37 STAS 500-68	∅ 40/17, S =6	4		0,196
6	Inel de siguranță	Arc 6 STAS 795-77	M 16	4	7665-66	0,036
7	Nit cupru	Cu E 1/2 t STAS 270-74	∅ 5 ×15	12	9232-73	0,312

5.4. Tehnologia de fabricație a bobinelor de curent (serie)

Bobinele de curent, cu valori ale intensității nominale de ordinul zecilor şi sutelor de amperi, se utilizează în construcția aparatelor electrice în înfăşurări ale declanşatoarelor electromagnetice de curent, ale electromagneților de acționare, înfăşurări de curent ale unor contoare de inducție, bobine de suflaj, bobine de reactanță.

Tot în această categorie intră şi anumite şunturi de curent, executate din bare de constantan sau din cupru, precum şi anumite părți ale căilor de curent ale întrerupătoarelor de putere (cu excepția legăturilor flexibile şi ale pieselor de contact).

Bobinele de mari intensități, confecționate în general din cupru sau aluminiu profilat (frecvent de secțiune dreptunghiulară), izolate sau neizolate, pot fi bobinate pe latura mare, sau pe cea mică (muchie), aşa cum este ilustrat în figura 5.4..

Pentru a preveni deformarea secțiunii şi deci apariția unor distanțe diferite între spire la nivelul diametrului interior față de cel exterior, în cazul pasului constant, la bobinare pe muchie (figura 5.6.) folosind bare de cupru având grad de ecruisare redus, dacă diametrul minim în jurul căruia se face înfăşurarea este mai mic decât cel prescris, se preferă utilizarea uneia cu profil trapezoidal, care în urma bobinării, prin întinderea straturilor exterioare şi contractarea straturilor interioare, obține un profil aproximativ dreptunghiular.

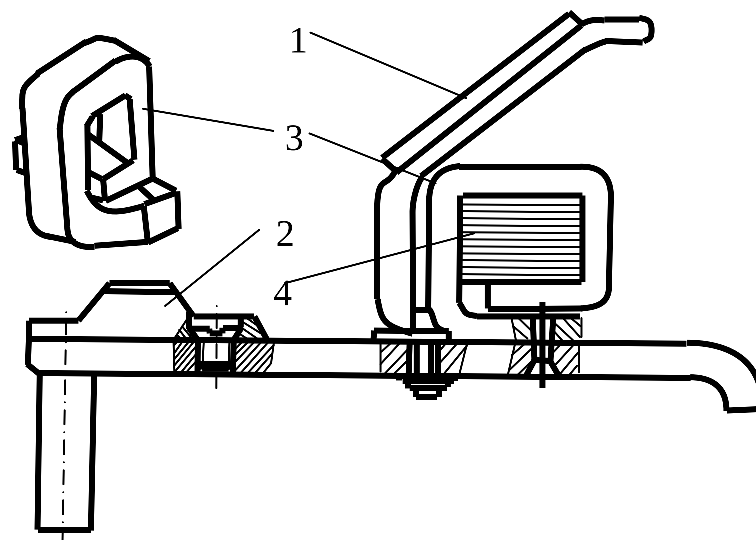


Figura 5.4. Detaliul bobinei de suflaj turnate, din construcția întreruptoarelor automate. 1 – contactul de rupere, 2 – contactul principal; 3 – bobină de suflaj turnantă; 4 – miezul magnetic al bobinei de suflaj.

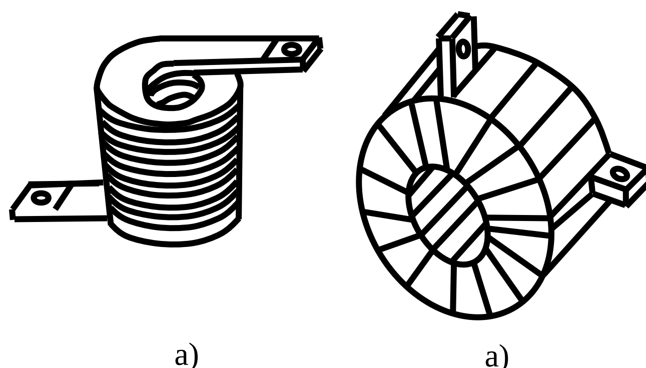


Figura 5.5. Exemple de bobine pentru intensități mari de curent: a – înfăşurate pe latura mică (muchie); b – înfăşurate pe latura mare a secțiunii conductorului (pe lat).

Executarea operației propriu-zise de bobinare, pentru bobinele de curent de mari intensități, se face cu dispozitive speciale, ținând cont de dimensiunile relativ mari ale profilului (barei) din care urmează a se confecționa bobina, precum şi forța importantă necesară a fi aplicată pentru deformarea materialului în vederea realizării înfăşurării.

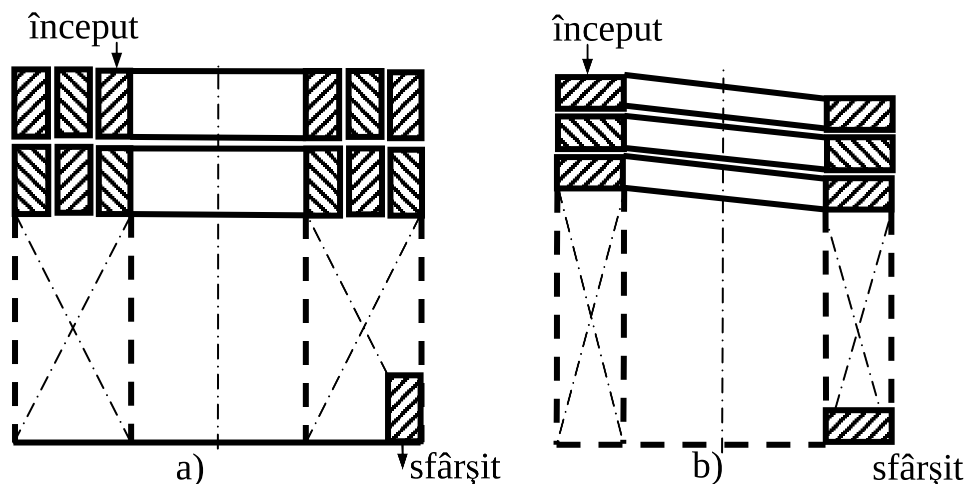


Figura 5.6. Secțiune longitudinală prin bobine cilindrice înfăşurate pe muchie, din bare de cupru având secțiunea transversală: a – dreptunghiulară; b – trapezoidală.

În afară de condițiile impuse de diametrele minime de înfăşurare, pe lat sau pe muchie, semifabricatele care intră în operații de îndoire trebuie să fie moi, ca să nu crape sau să nu se rupă, ca urmare a depăşirii locale a solicitărilor admisibile unei anumite stări de pretensionare. Tratamentul termic la care trebuie supus semifabricatul profilat înainte de bobinare este funcție de grosimea şi natura materialului folosit.

Astfel, pentru cupru, barele profilate trebuie încălzite la temperaturi cuprinse între 625 şi 700 °C, cu menținere între 1 şi 3 ore în cuptor, iar pentru profil de aluminiu temperatura ca fi cuprinsă între 180 şi 200 °C, cu menținerea în cuptor între 10 şi 15 ore. Valorile temperaturilor limitei superioare şi durata de menținere în cuptor mai mare se referă la secțiuni mai mari de material.

Operațiile procesului tehnologic de realizare a bobinei sunt:

– îndreptarea şi tăierea barei de lungimea dată;

– bobinarea pe lat; necesită dispozitiv special;

– tratament termic pentru eliminarea tensiunilor interne ca urmare a proceselor tehnologice anterioare; barele de cupru se încălzesc la temperaturi variind între 625...700 °C, timp de 1...3 ore, în cuptor;

– decaparea sau curățirea, se face pe cale chimică, în soluție de acid sulfuric diluat;

– acoperirea suprafețelor de contact (cositorire, argintare etc.);

– introducerea tuburilor izolante.

5.5. Tehnologii de fabricație a bobinelor de tensiune (derivație)

Tehnologia realizării bobinelor din conductori filiformi reprezintă un domeniu specific foarte important al fabricației aparatelor electrice de joasă tensiune, dat fiind marea răspândire a bobinelor în construcția acestora.

Construcția, caracterizată printr-un număr mare de spire conductoare şi de straturi electroizolante, nu permite să se stabilească în limite strânse şi să se respecte riguros toleranțele dimensiunilor bobinajelor; din acest motiv, pentru a se economisi material conductor se tinde spre o dimensionare mai precisă a carcaselor sau şabloanelor şi de asemenea reducerea adaosurilor capetelor de bobină.

Ponderea mare a lucrărilor de bobinaj, care poate ocupa un volum de muncă de până la 30% din construcția aparatelor electromagnetice (contactoare, relee, aparate de măsură etc.), a făcut ca acestea să fie din ce în ce mai mult executate mecanizat, iar în cazul producției de serie mare pe maşini complet automatizate.

Exigențele ce se pun procesului tehnologic se referă la realizarea unor bobine având valori acceptabile în ceea ce priveşte rigiditatea dielectrică, rezistența de izolație, pierderile dielectrice, rezistența mecanică, stabilitatea termică, rezistența la umiditate, higroscopicitatea etc.

După caracteristicile constructive şi tehnologice, bobinele din conductori de bobinaj pot fi clasate după cum urmează:

a) înfăşurate pe carcase (figura 5.7.a);
b) înfăşurate direct pe miezul feromagnetic (figura 5.7.b);
c) fără carcase (figura 5.7.c).

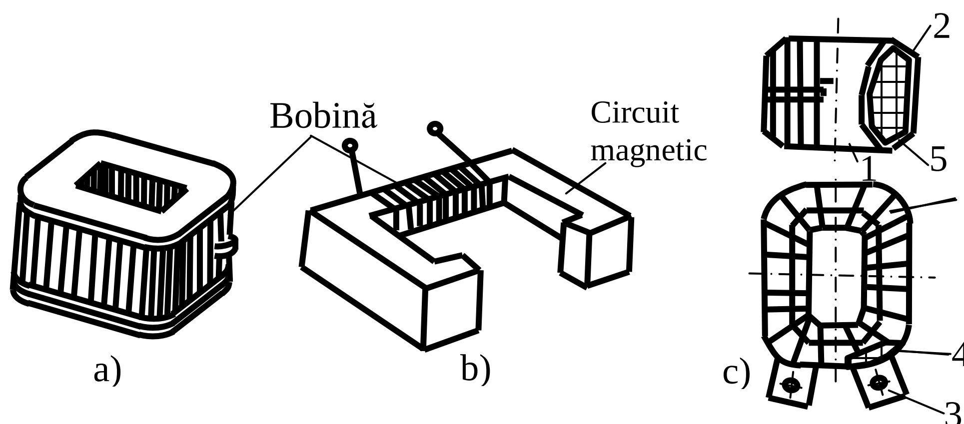


Figura 5.7. Bobine folosite în construcția aparatelor electrice:
a) înfăşurate pe carcase; b) înfăşurate direct pe miezul feromagnetic; c) fără carcasă:
1 – izolație interioară, 2 – înfăşurare, 3 – cleme de legare în circuit,
4 – izolație montată sub cleme, 5 – bandă izolatoare exterioară.

Fiecare din tipurile de mai sus poate avea conductoare flexibile (terminale) pentru ieşire sau borne (cleme) cu şuruburi pentru fixarea capetelor înfăşurării şi pentru racordarea ei în circuit.

Materialele utilizate se pot împărţi în:

– conductoare;
– materiale izolante;
– materiale auxiliare.

Materialele conductoare, uzual din cupru, se folosesc pentru realizarea înfăşurărilor propriu-zise, a legăturii flexibile de ieşire, precum şi pentru fabricarea clemelor şi bobinelor de racordare. Datorită costului său foarte ridicat, argintul nu este folosit pentru confecţionarea înfăşurărilor. Aluminiul prezintă dezavantajul că se oxidează puternic în aer şi este sensibil la şocuri şi vibraţii, din care motiv utilizarea lui la realizarea înfăşurărilor este redusă.

Conductoarele de bobinaj sunt izolate cu bumbac, mătase, email sau fibre de sticlă. Cele izolate cu bumbac sau mătase, în unul până la trei straturi, au o stabilitate termică de 90 °C în stare neimpregnată, sau 105 °C în stare impregnată, motiv pentru care în construcţia de aparate electrice este restrânsă. Conductoarele de cupru izolate cu email se fabrică în mai multe variante, corespunzând unor stabilităţi termice cuprinse între 105 şi 160 °C, izolate într-un strat (grad 1) au în două straturi (grad 2), putând avea sau nu aplicat superficial un strat termi-aderent. Acest strat de suprafaţă din material termoplastic asigură aderenţa spirelor una de cealaltă la încălzirea ansamblului la 100 °C, nemaifiind necesară o impregnare suplimentară.

Pentru unele construcţii de echipamente electrice, cum sunt electromagneţii utilizaţi ca declanşatoare electromagnetice la întreruptoarele de mare putere, bobinajul se execută din bare de Cu sau Al, neizolate, ale căror dimensiuni standardizate sunt prezentate în tabelul 5.5.

Conectarea la circuit a bobinelor se realizează cu ajutorul firelor terminale, clemelor şi a bobinelor de racord.

Clemele se folosesc în special al bobinele fără carcasă şi sunt confecţionate din tablă de cupru sau alamă de 1÷2 mm grosime, obţinute prin ştanţare şi îndoire. Bornele de racord se realizează din semifabricat masiv şi prelucrat.

Racordarea conductoarelor înfăşurat cu elementele termice se face prin lipirea cu aliaj de lipit pe bază de cositor, direct sau folosind conductoarele flexibile.

Firele terminale de ieşire, după lipirea prin cositorire de capetele înfăşurării, se fixează de carcasă cu bandă adezivă, în locaşuri special prevăzute, izolându-se lipitura, de o parte şi de alta, cu bandă izolantă din policlorură de vinil, acetat de celuloză, ţesături lăcuite din mătase vegetală tip MNL-1, sau mătase naturală MWL-1, având grosimi cuprinse între 0,02-0,25 mm. Izolaţiile se livrează în suluri de circa 50 m lungime, lăţimea benzi fiind cuprinsă între 10-100 mm.

Tabelul 5.5. Caracteristicile tehnice ale unor bare de Cu sau Al, neizolate

Dimesiuni [mm]	Masa [kg/m]	n_b	I_{ad}, [A]		Dimesiuni [mm]	Masa [kg/m]	n_b	I_{ad}, [A]	
		pol	c.c.	c.a.			pol	c.c.	c.a.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Bare de cupru									
Bare dreptunghiulare					Bare rotunde				
20 ×3	0,53	1	290	295	6	0,252	1	140	140
20 ×5	0,89	1	385	390	7	0,343	1	180	180
25 ×5	1,11	1	465	470	8	0,447	1	215	215
30 ×5	1,34	1	530	540	10	0,699	1	300	300
40 ×5	1,78	1	710	715	12	1,007	1	385	385
	3,56	2	1180	1215	14	1,370	1	465	465
40 ×10	3,56	1	1000	1025	16	1,790	1	565	570
	7,12	2	1770	1830	18	2,265	1	665	670
50 ×5	2,23	1	850	870	20	2,800	1	770	775
	4,46	2	1410	1500	22	3,380	1	885	895
50 ×10	4,45	1	1215	1260	26	4,370	1	1065	1080
	8,90	2	2125	2240	28	5,480	1	1225	1360
60 ×5	2,67	1	1000	1025	30	6,291	1	1340	1380
	5,34	2	1685	1770	32	7,158	1	1440	1540
	8,01	3	2300	2475	35	8,563	1	1640	1770
60 ×10	5,34	1	1415	1475	38	10,100	1	1810	1940
	10,68	2	2475	2595	40	11,180	1	1925	2090
	16,02	3	3305	3540	45	14,150	1	2220	2470
80 ×5	3,55	1	1260	1300					
	7,10	2	2240	2360	Bare tubulare				
	10,65	3	2950	3185	20/24	1,23	1	600	600
80 ×10	7,12	1	1840	1970	22/26	1,43	1	650	650
	14,24	2	2950	3305	25,30	1,93	1	830	830
	21,36	3	3895	4500	28/34	2,20	1	925	925
100 ×5	4,45	1	1590	1650	35/40	2,62	1	1100	1100
	9,90	2	2715	2950	40/45	2,98	1	1200	1200
	9,90	2	2715	2950	40/45	2,98	1	1200	1200
	13,354	3	3540	4010	45/50	3,32	1	1330	1330
100 ×10	8,90	1	2215	2360	50/55	3,67	1	1380	1380
	17,80	2	3655	4245	55/60	4,04	1	1585	1585
	26,70	2	4720	5780	62/70	7,38	1	2295	2295
	35,60	4	6370	7315	72/80	8,49	1	2610	2610

Bare de aluminiu									
Bare dreptunghiulare					Bare rotunde				
20 ×3	0,162	1	225	230	6	0,077	1	155	155
20 ×5	0,162	1	300	310	7	0,077	1	140	140
30 ×3	0,243	1	325	335	8	0,136	1	170	170
30 ×5	0,405	1	415	435	10	0,212	1	230	230
40 ×5	0,540	1	530	555	12	0,305	1	305	305
	1,080	2	920	955	14	0,416	1	370	370
40 ×10	1,080	1	770	805	16	0,543	1	450	450
	2,160	2	1380	1425	18	0,687	1	530	530
50 ×5	0,675	1	640	680	20	0,848	1	615	620
	1,350	2	1115	1175	22	1,030	1	700	705
50 ×10	1,350	1	940	975	25	1,330	1	840	855
	2,700	2	1660	1750	28	1,660	1	975	1000
60 ×5	0,810	1	770	805	30	1,910	1	1065	1100
	1,620	2	1335	1390	35	2,600	1	1300	1380
60 ×10	1,620	1	1105	1150	38	3,060	1	1435	1540
	3,240	2	1930	2000	40	3,390	1	1530	1660
	4,860	3	2620	2875	45	4,290	1	1750	1960
80 ×5	1,080	1	1010	1045					
	2,160	2	1725	1840	Bare tubulare				
	3,240	3	2300	2530	20/30	0,475	1	575	575
	4,320	4	2990	3220	25/30	0,583	1	640	640
80 ×10	2,160	1	1436	1496	30/40	0,645	1	765	765
	4,320	2	2460	2645	35/40	0,795	1	850	850
	6,480	3	3290	3680	40/45	0,901	1	935	935
	8,640	4	4370	4715	45/50	1,010	1	1040	1040
100 ×10	2,700	1	1750	1815	50/55	1,110	1	1145	1145
	5,400	2	2930	3220	54/60	1,450	1	1310	1310
	8,100	3	3910	4485	64/70	1,700	1	1545	1545
	10,800	4	4945	5750	74/80	1,960	1	1770	1770

Tabelul 5.6. Conductoarele din cupru cu secțiune circulară, izolație cu email

Tipul izolației Simbol	Stabilitatea termică max. [°C]	Numărul de straturi de izolație	Cu strat superficial termoaderent	Gama de diametre [mm]
EM (poliamidic)	105 °C	1	–	0,06–1,5
EMA (polivinil-acetat)	105 °C	1;2	x	0,06–3,0

ES (poliuretan)	105 °C	1;2	x	0,06–3,0
ET (teraftalic)	155 °C	1;2	x	0,06–3,0
ETS (poliesteri-midic)	155 °C	1;2	x	0,06–3,0
ZS (cu fibre de sticlă)	155 °C	1	x	0,9–6,0
ZSSc (idem)	180 °C	1;2	x	0,9–6,0

Tabelul 5.7. Conductoare de cupru foarte flexibile, neizolate, pentru executarea legăturilor terminale la bobine

Secțiunea nominală [mm^2]	Diametrul nominal al firelor [mm]	Diametrul maxim al conductorului [mm]	Curentul maxim admisibil [A]	Rezistența electrică maximă a conductorului [Ω/km]
0,09	0,05	0,6	1,7	222
0,18	0,05	0,8	3,2	110
0,35	0,05	1,1	6	56,7
0,5	0,05	1,3	8	39,4
0,7	0,07	1,5	10	28,4
1	0,07	1,8	13	19,4
1,6	0,07	2,2	18	12,4
2,5	0,07	2,7	24	8
4	0,1	3,3	30	5,07
6	0,1	4,2	38	3,29
10	0,1	5,3	50	1,99
16	0,1	6,7	70	1,25

Tabelul 5.8. Conductoare flexibile din cupru izolate cu cauciuc siliconic, pentru executarea legăturilor terminale la bobine

Secțiunea normală a conductorului [mm^2]	Grosimea radială a izolației de cauciuc siliconic, minimă [mm]	Diametrul exterior al conductorului foarte flexibil izolat [mm]
0,75	0,60	2,50
1	0,60	2,70
1,5	0,85	3,30
2,5	1,00	4,10
4,0	1,00	5,00
6,0	1,20	6,00
10	1,45	7,70

Dintre elementele conductoare de racord electric al înfăşurării în circuitele electrice, cele mai răspândite sunt papucii pentru conductoare şi clemele de legătură şi racordare.

Pentru protecția contra coroziunii electrochimice, la locul de contact dintre manşon şi conductorul de aluminiu, manşonul va fi etanşat cu bandă lăcuită şi lac de bachelită sau benzi din PVC.

În multe cazuri, când nu se prevede demontarea frecventă a bobinei, executată din fire cu diametrul mai mic de 0,6 mm, legăturile de ieşire se pot efectua şi din conductor de cupru izolat, monofilar, cu diametru maxim 0,6 mm. Fixarea bornelor de legătură de carcasa bobinei se poate face prin capsare, nituire, lipire cu răşină epoxidică, un alt adeziv, sau cu şuruburi.

Tabelul 5.9. Benzile crude din fire de bumbac sau din fire poliesterice

Denumirea	Simbol	Lățimea benzii [mm]	Lungimea benzii [m]	Grosimea benzii [mm]	Abaterile la grosime [mm]
Bandă din bumbac subțire pentru izolație	IS	10; 15; 20; 25; 30; 45	50	0,12	±0,01
Bandă din bumbac groasă pentru izolație	IG	20; 25; 30	50	0,45	±0,05
Bandă din polimer pentru izolație	IPES	10; 15; 20; 25; 30; 45	50	0,16	±0,01

Materialele izolante utilizate pentru izolația dintre straturi trebuie să aibă următoarele proprietăți: grosimea redusă, rigiditatea dielectrică ridicată, absorbție mare a lacurilor de impregnare.

Pentru materialele electroizolante utilizate în construcția maşinilor şi aparatelor electrice, după temperatura ce caracterizează stabilitatea termică, s-au stabilit următoarele clase de izolație:

A-105 °C: izolații din bumbac, mătase sau hârtie impregnate sau introduse în lichide electroizolante şi alte materiale dovedite experimental că pot funcționa la 105 °C.

E-120 °C: unele pelicule organice, sintetice şi alte materiale dovedite experimental că pot funcționa la temperatura de 120 °C.

B-130 °C şi F-155 °C: materiale pe bază de mică, azbest, fibre de sticlă cu lianți şi compunduri de impregnare corespunzătoare şi alte material dovedite experimental că pot funcționa la 130 °C, respectiv 155 °C.

H-180 °C: materiale pe bază de mică, azbest şi fibre de sticlă cu lianți şi compunduri silico-organice şi alte materiale dovedite experimental că pot funcționa la 180 °C.

C – peste 180 °C: materiale pe bază de mică, porțelan, cuarț, sticlă cu sau fără lianți organici şi alte materiale dovedite experimental că pot funcționa la peste 180 °C (temperatura de utilizarea este limitată numai la caracteristicile fizico-chimice şi electrice ale acestor materiale).

Ca izolație între straturi se poate folosi hârtia pergaminată şi hârtia pelur (pentru clasa de temperatură corespunzând la 150 °C) şi banda izolatoare cu strat adeziv, care în funcție de materialul de bază şi felul adezivului, se fabrică pentru domenii de temperatură cuprinse între 80 °C şi 180 °C.

Tabelul 5.10. Dimensiunile şi clasa specifică a hârtiilor electroizolante

Tipul hârtiei	Mod de fabricație	Masă specifică		Dimensiuni		
		[g/m^2]	Abateri limită %	Format maxim	Lățime [mm]	Abateri limită
Perga-minată tip A	Coli	56	±4%	650 ×960		La lungime şi lățime ±4 mm
	suluri	56	±4%	–	85, 95, 102, 50, 165, 170	La lățime ±1 mm
Pelur	suluri	31,5	±5%	–	400	±0,5% fără a depăşi 4 mm

Răşinile naturale şi îndeosebi cele sintetice sunt larg folosite în construcția bobinajelor, atât ca izolație pentru conductori, între straturi, pentru impregnare cât şi pentru confecționarea carcaselor.

Materialele plastice termoreactive se caracterizează prin aceea că sub acțiunea căldurii şi a presiunii în timpul prelucrării lor suferă transformări chimice ireversibile, în urma cărora devin insolubile şi infuzibile. Produsele obținute cu defecte mecanice sunt irecuperabile.

Materialele termoplastice sunt caracterizate prin aceea că prezintă caracterul de transformare reversibilă, putând fi reprelucrate la cald.

La prelucrare, materialelor plastice li se adaugă şi alte materiale, care asigură anumite caracteristici: culoare, elasticitate, duritate etc. Astfel de materiale sunt:

– Materiale de umplutură (făină de lemn, hârtie, azbest, fibre de bumbac, de sticlă etc.) cu scopul de a creşte duritatea, rezistența, stabilitatea termică etc.;

– Coloranți organici sau anorganici;

– Stabilizatori, cu rolul de a evita degradarea sub acțiunea luminii, temperaturii, oxigenului;

– Plastifianți; pentru reducerea vâscozității la prelucrare;

– Lubrefianți, pentru evitarea lipirii, în timpul prelucrării (parafină, ceară, poliglicoli etc.).

Carcasele bobinelor se obțin prin presarea materialelor termorigide, livrate sub formă de pulbere sau granule în matrițe încălzite la 140-165 °C şi montate pe prese hidraulice. Sub acțiunea temperaturii şi presiunii, cuprinse între 1400-1600 bari, materialul devenit vâscos, umple golurile matriței, luând forma carcasei. Menținând aceşti parametrii pe durata procesului de polimerizare (circa 1 minut pe milimetru de grosime a carcasei) se obține piesa dorită, a cărei formă nu mai poate fi modificată prin presare sau încălzire ulterioară. După presare, carcasele din materiale termorigide trebuie debavurate ca să nu se producă tăierea izolației firului sau chiar retezarea conductoarelor. Debavurarea poate fi efectuată manual, cu pilă lată sau burghiu, prin producția de serie mică, sau mecanizat, pe matrițe cu plăci sau poansoane de debavurare.

Urmele de închidere ale matriței vor fi prelucrate îngrijit prin lustruire cu disc de pâslă. În funcție de cantitatea şi tipul materialului de umplutură se modifică temperatura maximă de utilizare a carcaselor din aceste materiale (între 110 şi 160 °C), precum şi rezistența lor mecanică la şocuri şi vibrații. În figura 5.8. sunt prezentate carcasele termorigide executate prin presare la cald din răşini feromaldegidice (bachelitice).

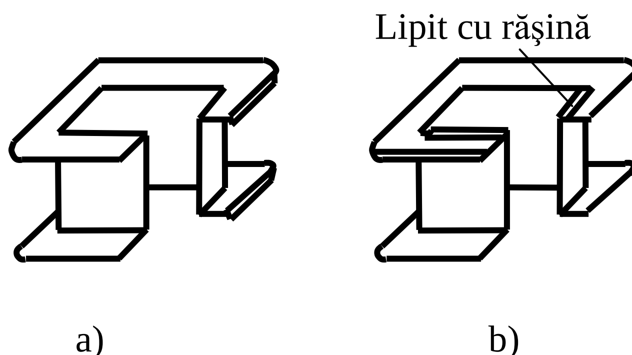


Figura 5.8. Carcase pentru bobine presate la cald din răşini termorigide.
a – carcasă turnată b – carcasă din materiale stratificate

Obținerea **carcaselor din materiale termoplastice** (polietilene, poliamidice, policarbonați) prin injecție este cel mai productiv procedeu tehnologic, materialul livrat sub formă de granule şi planificat prin încălzirea la 200-240 °C, injectându-se într-o matriță închisă, ce cuprind 2 până la 8 cuiburi, cu viteză foarte mare. Întărirea materialului în matrițe are loc prin răcire, în cazul termoplastelor şi sub acțiunea căldurii în cazul duroplastelor. Formarea se poate face la maşini speciale, semiautomate sau automate, care pot să atingă o productivitate de ordinul miilor de carcase pe schimb. Totodată, prelucrând matrița corespunzător, se pot implica în relief, pe unul din pereții laterali ai carcasei, caracteristicile constructive ale bobinei ce se înfăşoară pe acesta, eliminându-se eticheta de identificare a ei.

Şi **carcasele din materiale termoplaste** trebuie debavurate după injectare, însă datorită elasticității debavurarea se face mai dificil manual.

Domeniul de temperatură al materialelor termoplastice utilizate la confecționarea carcaselor de bobine, funcție de compoziția acestora, este cuprinsă între 100 şi 140 °C.

Utilizarea materialelor stratificate – livrate în plăci – la executarea carcaselor de bobine este limitată, având în vedere productivitatea scăzută a decupării şi asamblării din piesa detaşate a acestora. Ca materiale stratificate se menționează: hârtia stratificată, cu grosimi cuprinse între 0,5-30 mm, țesăturile de bumbac impregnate şi țesăturile de sticlă presate, cu grosimi cuprinse în acelaşi interval.

Limita de temperatură a acestor materiale este dată atât de structurile de bază, cât şi de răşina de impregnare, fiind cuprinse între 120 °C pentru hârtia stratificată impregnată cu răşini fenolformaldehidice şi 155 °C pentru țesături de sticlă impregnate cu răşini epoxidice.

Carcasele de hârtie se confecționează prin rularea hârtiei pe o maşină de bobinat specială, având ca suport un dorn. În timpul bobinării hârtia este unsă pe o față cu lac de bachelită, iar pentru a nu se lipi de dorn, acesta se unge cu vaselină.
Prin încălzirea dornului la 178-180 °C lacul de bachelită se usucă şi se asigură o bună lipire a straturilor de hârtie între ele. Se introduc apoi într-un cuptor pentru pulverizarea lacului, după care se prelucrează mecanic pentru a se obține dimensiunile finale. În final, pentru mărirea rigidității dielectrice, carcasele de hârtie se impregnează cu lac de bachelită.

Carcasele din ceramică sunt utilizate pentru condiții mai grele de exploatare, având o mai mare stabilitate cu temperatura, umezeala şi fiind rezistente la acțiunea multor substanțe chimice.

Materialele ceramice se modelează la rece sub influența umidității, iar prin uscare se întăresc. Pentru mărirea rezistenței mecanice se calcinează în cuptoare. În compoziția materialelor ceramice intră argilele (săruri de aluminiu ale acidului silicinic), feldspatul, cuarțul, silicați de magneziu (talc), bioxid de titan. Porțelanul, spre exemplu, conține 40-65% caolin, 15-45% feldspat şi 12-30% cuarț.

Procesul tehnologic de confecționare a carcaselor din materiale ceramice cuprinde: măcinarea şi omogenizarea masei ceramice, transformarea masei ceramice în produs (prin presare uscată în matrițe de oțel, sau extrudare, sau turnarea fierbinte sub presiune), uscarea pentru îndepărtarea masei de formare, calcinarea (arderea) în cuptoare, prelucrarea mecanică.

Pentru anumite construcții de aparate electrice de joasă tensiune, carcasele bobinelor se pot executa din **materiale metalice** (aluminiu sau alamă). Acesta este cazul anumitor relee sau aparate magnetoelectrice cu bobina parcursă de curent continuu. În curent alternativ asemenea carcase metalice nu se pot utiliza, căci constituind spire în scurtcircuit ar determina apariția de surse suplimentare şi nedorite de căldură.

Materialele auxiliare utilizate la execuția bobinelor sunt: aliaje de lipit, substanțe decapante, adezivi, lacuri de impregnare şi răşini de turnare.

Asigurarea continuității bobinajelor se face, în general, prin lipituri. Aliajul de lipit trebuie să îndeplinească următoarele condiții: să prezinte o fluiditate corespunzătoare în stare topită; să adere foarte bine la suprafețele de topit; să aibă o rezistivitate cât mai mică; să aibă o rezistență mecanică corespunzătoare; să fie rezistent la acțiunea agenților chimici.

Suprafețele de lipire trebuie pregătite astfel încât să nu aibă un grad mare de rugozitate şi să nu fie acoperite cu oxizi sau cu grăsimi. Pentru îndepărtarea oxizilor se folosesc: procedee mecanice, ca: ajustări, curățirea cu perii de sârmă de oțel, hârtie abrazivă etc.; procedee chimice: decaparea în soluții acide. În acest caz este necesară îndepărtarea completă a acidului imediat după terminarea decapării, prin neutralizare şi prin spălare cu ape curgătoare reci şi calde. Pentru curățirea de grăsimi se execută degresări cu alcool, benzină etc.

Fondanții sunt substanțe chimice speciale, care, în timpul lipirii, topesc oxizii, îi înlătură de pe suprafața de lipit şi împiedică formarea altora. Temperatura de topire a fondanților trebuie să fie inferioară celei de topire a aliajului de lipit; fondanții nu trebuie să intre în combinații chimice cu conductorul de lipit sau cu aliajul de lipit.

Fondanții nu pot înlocui curățirea suprafețelor, deoarece nu pot îndepărta grăsimile şi substanțele de natură organică. Ei se folosesc sub formă de pulberi, paste sau soluții.

După temperatura de topire a aliajului de lipit se deosebesc: lipiri moi şi lipiri tari. Lipirile moi folosesc aliaje de lipit a căror temperatură de topire nu depăşeşte 500 °C.

Materialele de bază care fac obiectul lipirilor sunt cuprul şi aluminiul. Aliajele folosite la lipirea moale a cuprului sunt: – aliajul staniu(cositor)-plumb, cel mai frecvent folosit. El are simbolul L_p urmat de un număr care indică conținutul mediu al staniului.

De remarcat că, din punct de vedere economic, costul aliajului de lipit, L_p creşte odată cui creşterea procentului de staniu şi deci alegerea lui judicioasă este foarte importantă.

Pentru interstițiile înguste şi adânci se folosesc aliaje cu cositor mai mult, sau chiar cositor pur, care prezintă fluiditate mare şi pătrundere adâncă.
Pentru interstițiile mari, unde sunt spații de umplut se folosesc aliaje mai sărace în cositor: aliajul cadmiu(circa 30%)-zinc(restul); aliajul Pb-Sn-Sb.

Fondanții folosiți la lipirea cu aliajele de mai sus sunt pe bază de colofoniu, fie solid, fie pastă cu alcool, sub formă de soluții.

Procesul tehnologic de lipire pentru ambele tipuri de aliaje este următorul:
- se pregătesc suprafețele: decapare, spălare, degresare;
- se adaugă fondant, se încălzesc suprafețele şi se intervine cu aliajul de lipit;
- se continuă încălzirea până se topeşte aliajul şi se execută lipirea.

Lipirea aluminiului este mai dificilă, deoarece acesta oxidează practic instantaneu şi formează o peliculă izolată rezistentă. Aliajele folosite sunt: Pb+Ag, Sn+Zn, Ag+Zn.

Fondantul folosit în mod obişnuit este format din 10% fluorură de sodiu sau de potasiu, 8% clorură de zinc, 32% clorură de litiu, 50% clorură de potasiu.

Din cauză că pelicula izolantă de oxizi trebuie îndepărtată în timpul lipirii, procesul tehnologic cositoririi şi al lipirii aluminiului este puțin diferit de cel al cuprului, şi anume:

– se curăță barele conductoare de aluminiu cu hârtie abrazivă;

– se încălzesc barele cu ciocanul de lipit sau cu cleşti cu electrozi, se adaugă decapantul prevăzut şi se cositoresc barele prin frecarea cu aliajul de lipit şi cu o perie de sârmă;

– se presează suprafețele care urmează a fi lipite între ele şi se îndepărtează sursa de căldură.

Lipirea este terminată odată cu întărirea aliajului de lipit. În cazul sârmelor rotunde de aluminiu se procedează mai simplu: se curăță conductoarele rotunde, se răsucesc între ele fără a fi cositorite, se ung cu fondant şi se toarnă aliajul de lipit în jgheabul dintre conductoare.

În afară de lipirea obişnuită, executată cu o sursă de căldură corespunzătoare – de obicei, ciocan de lipit încălzit electric sau cu flacără se mai folosesc şi lipirile în băi (dispozitive de lipit).

Lipirea tare (bazarea) foloseşte aliaje ale căror temperatură de topire depăşeşte 500°C. Aliajele de lipit cele mai folosite sunt:

– Al-Si – lipirea aluminiului şi aliajelor sale;

– Cu-Ni – lipirea feroaselor, a nichelului şi aliajelor Cu-Ni;

– Ni-Cr – lipituri rezistente la temperaturi mari şi coroziune;

– Cu-Ag – lipirea contactelor electrice;

– Cu-Ag-Sn – domeniu larg de aplicare (lipirea alamei, a oțelurilor inoxidabile, a cuprului etc.).

– Cu-P – (Cu-93% şi P-7%, fluide) – cu temperatura de topire ridicată, dar casante.

Fondanții sunt pe bază de borax şi acid boric.

Procesul tehnologic de lipire este următorul:

– se pregătesc suprafețele, se introduce aliajul de lipit, sub formă de foițe, între suprafețele ce urmează a fi lipite şi se strâng cu un cleşte:

– se încălzeşte locul de lipire la temperatura de topire cu o sursă corespunzătoare: flacără, cu gaze, cuptor, rezistență de contact, înaltă frecvență etc., adăugându-se fondant;

– se îndepărtează sursele de căldură, ținându-se în continuare presate până se întăreşte aliajul.

Deoarece oxidul de cupru se formează al suprafața capetelor neizolate ale conductorilor de bobinaj din cupru nu permite efectuarea unei legături electrice corespunzătoare, este necesară îndepărtarea acestuia cu ajutorul unor substanțe decapante de natură organică sau anorganică, cel mai utilizat fiind colofoniu (sacâzul), care este activ numai în stare topită, resturile de colofoniu rămase după lipire neatacând conductorul. Tot un amestec organic de decapare îl constituie pasta decapantă DS1, în a cărei compoziție intră cca 22% alcool etilic, 60% colofoniu şi 18% acid stearic. Se pot utiliza ca substanțe decapante şi compuşi organici ca, de exemplu, acidul clorhidric, clorura de amoniu etc., însă trebuie ținut seama că urmele rămase pe conductor produc corodarea acestuia şi deci trebuie să fie înlăturări rapid.

Adezivii se utilizează în construcția bobinelor pentru fixarea bornelor de racordare de carcasa bobinei, sau la lipirea pieselor din materiale stratificate din care se pot confecționa carcase. Adezivii cei mai utilizați sunt răşinile naturale pe bază de şelac dizolvate în alcool şi care se întăresc prin evaporare, iar dintre răşinile sintetice se remarcă utilizarea adezivilor epoxidici, care se întăresc prin amestecarea cu un întăritor, la rece. Cu adezivi epoxidici se pot asambla şi piese metalice între ele, ca de exemplu tolele circuitelor magnetice ale unor electromagneți. În acest caz pentru asigurarea unei comportări bune a adezivului se caută să se apropie cât mai mult coeficienții de dilatare termică al peliculei de adeziv de cel al pieselor lipite, lucru ce se poate realiza prin varierea cantității materialului de umplutură. Ca materiale de umplutură se pot utiliza produse organice (fibre textile sau bucăți de țesături) şi anorganice (pulbere sau foiță de mică, pulbere sau fire din țesături de sticlă, azbest etc.)

Se prezintă în continuare principalele tipuri de lacuri electroizolante folosite în construcția de echipamente electrice.

– **Lacuri de impregnare**, cu unsoare la cuptor. Tipuri:

– lac C41(447) –clasa de izolație A-50, rigiditatea dielectrică 22 kV/mm – timp de uscare 8 h la 100...110 °C; oleobituminos-negru, nu rezistă la ulei pentru bobinaje cu izolație textilă;

– lac C42(458)–A-55; 15 kV/mm–4...6 h la 120 °C; oleobituminos-negru, rezistent la umiditate dar nu la ulei; pentru bobinaje izolate cu bumbac, la repararea aparatelor aflate în exploatare;

– lac C43(460)–A-50; 21 kV/mm–10...15 h la 100...110 °C; oleobitumi-nos-negru, rezistent la umiditate dar nu la ulei; pentru ultima impregnare peste lacul C42;

– lac C51(1154)– E–2 h la 110 °C; oleogliptalic–galben-brun, nu rezistă la ulei; pentru bobinaje;

– lac C51M(ALM-1)–B-80; 40 kV/mm–10 h la 120 °C; oleogliptalic– galben-brun, rezistent la ulei; pentru bobinaje;

– lac C56–NTRE-2514/1-82; F 85-I; 85II kV/mm – 2 h la 120 °C apoi în trepte 2 h la 150 °C, 16 h la 120 °C, 5 h la 150 °C; lac alchidic modificat cu răşină fenolică C-56, galben-brun;

– lac C71–NID 3008-82: F-45; 20 kV/mm – 8...10 h la 120 °C apoi în trepte de 8...10 h până la 160 °C; poliuretanic galben, pentru bobinaje în înaltă frecvență;

– lac CB2–NID 3008-82: F-50; 80 kV/mm–10...15 kV/mm–10...15la 130...150 °C; poliesteric imidic-galben; pentru maşini electrice mari expuse la temperaturi în regim până la 155 °C.

– **Lacuri de acoperire**, cu uscare în aer (la temperaturi sub 30 °C) sau la cuptor (la temperaturi de la 100 °C în sus). Tipuri:

– lac C44(462)–A-30; 8 kV/mm–24 h la 20 °C; oleogliptalic modificat – pigmentat gri, rezistent la uleiuri minerale dielectrice clorurate dar nu la acizi şi baze; pentru suprafețe metalice (carcase, statoare, pachete magnetice etc.);

– lac AA-63(KVD)–A-30; 7 kV/mm–24 h la 20 °C; oleogliptalic modificat–pigmentat roşu; în rest similar AA-62M;

– lac C21(202) – E – 50 kV – 12 min la 220 °C; oleorăşinos – galben, dă peliculă netedă, lucioasă, foarte dură, flexibilă şi rezistentă la umiditate, uleiuri şi agenți chimici; pentru lăcuirea tolelor;

– lac AA-66 – NID 3230-72: B – 60 kV/mm – 23 h la 20 °C; din răşini sintetice – transparent, rezistent la umiditate şi ulei de transformator – pigmentat gri, rezistent la ulei mineral clorinat, la acizi şi baze; utilizare ca lacul AA-62M;

– lac AA-67–NID 3230-72: B–30 kV/mm–24 h la 20 °C; răşini sintetice– pirgmentat gri, rezistent la ulei mineral clorinat, la acizi şi baze; utilizare ca lacul AA-62M;

– lac CA-61(SPD) – NID 2703-73; E-50; 15 kV/mm– 3 h la 120 °C; oleogliptic–pigmentat gri, dă peliculă cu proprietăți mecanice ridicate, aderență bună şi rezistență la arc şi uleiuri minerale.

– **Lacuri de emailare** pentru conductoare de cupru ET. Clasa de izolație–vâscozitate: P – tip pâslă, F – tip filieră. Tipuri:

– lac CA83–NID 3655-74: F – P =30 ±5 s; F =25 ±50 s; poliester tereftalic – brun, rezistent la solvenți, cu stabilitate termică ridicată;

– lac CA84–NID 3655-74: F–F =28 ±70 s; în rest ca CA83;

– lac CA85–NID 8655-74; F–P =30 ±5 s; F =500 ±100 s; poliester amidic–brun, rezistență bună la solvenți şi îmbunătățită la şoc termic;

– lac CA86–CS 16-81; H–P =30 +5 s; F =150 ±50 s; poliesterimidică izoceanurat–brun, dă peliculă ci rezistență bună la solvenți şi foarte bună la şocuri termice.

Lacuri diverse cu uscare la cuptor. Tipuri:

– lac C11 – NID 511-79: B – 10 kV/mm – 1...2 min la 160 °C; fenolformaldehidic – brun roşcat; de acoperire şi încleiere, dă peliculă dură, lucioasă, rezistentă la uleiuri, acizi şi agenți atmosferici dar puțin elastică; utilizări multiple (la produse stratificate presate, în compoziții de presare);

– lac C12 (IK)–NID 511-79: B–14 kV/mm–1...3 min la 160 °C; rezolformaldehidic brun-roşcat; cu proprietățile electrice mai bune ca C11, în rest la fel.

Răşinile de turnare (răşini epoxidice) servesc în construcția de echipamente electrice la:

– înglobări (îmbrăcarea unui aparat sau montaj electric, de exemplu bobine de comandă ale conductoarelor funcționând în medii agresive) în strat de răşini;

– etanşări (izolarea față de mediul înconjurător a unui aparat într-o carcasă);

– turnarea de piese masive cu diferite profiluri (izolatoare, bare, plăci etc.).

Pentru clasa de temperatură de 120 °C se foloseşte răşina epoxidică DINOX 110, amestecată cu întăritor (anhidridă ftalică) şi cu praf de porțelan, iar pentru funcționare la temperatura de 155 °C se foloseşte răşina Araldit F, amestecată cu întăritorul HY-905, acceleratorul DY-061, flexibilizatorul DY-040 şi praf de porțelan. Întărirea acestor răşini epoxidice se face la temperaturi cuprinse între 120-140 °C. Introducerea materialului de umplutură în răşină trebuie făcută încălzindu-l la temperatura răşinii topite.

Odată cu introducerea umpluturii intră în răşină şi o mare cantitate de aer, a cărei evacuare naturală este cu atât mai dificilă cu cât amestecul este mai vâscos. Pentru obținerea unei mase omogene, fără incluziuni de gaze este necesară o degazare forțată a amestecului, care se face într-un recipient ermetic închis, în care se asigură un vid de 0,1-0,3 mmHg.

În timpul degazării, în cazul răşinilor solide sau vâscoase, amestecul este menținut la temperatura de fluidizare a răşinii şi agitat tot timpul pentru a uşura evacuarea aerului. Răşinile epoxidice cu adaos de umplutură şi flexibilizatori dă produsului finit o elasticitate mărită, în funcție de cantitatea adăugată, scăzând mult tensiunile interne din masa întărită şi deci pericolul de fisurare.

Spre deosebire de celelalte piese ce intră în alcătuirea unui aparat electric, pentru completa confecționare a bobinei nu este suficientă reprezentarea acesteia pe desen în stare asamblată. În afara desenului carcasei, trebuiesc indicate într-o fişă, alăturată ansamblului bobinei, datele tehnice, care cuprind indicații necesare realizării bobinei, precum şi principalele ei caracteristici.

În general, conținutul unei asemenea fişe de bobinaj cuprinde următoarele:

1. Denumirea bobinei, după funcția pe care o îndeplineşte în aparat (de exemplu: bobină de comandă, de acționare, mobilă etc.);
2. Tensiunea nominală a bobinei (de exemplu: 220 V, 50 Hz);
3. Spațiul de bobinaj (înălțimea × lungimea), determinat prin secționarea acesteia cu un plan longitudinal;
4. Materialul şi tipul conductorului de bobinaj (de exemplu: conductor de cupru rotund STAS 8516-73, tip EM);
5. Diametrul conductorului fără conductorului fără izolație (de exemplu: 0,1 mm);
6. Diametrul conductorului cu izolație (de exemplu: 0,1 mm);
7. Secțiunea transversală a conductorului;
8. Numărul de spire (de exemplu: 2000 ±0,5);
9. Numărul spirelor într-un strat;

10. Numărul de straturi;
11. Lungimea medie a unei spire;
12. Lungimea totală a conductorului bobinei;
13. Greutatea conductorului bobinei;
14. Rezistența electrică a bobinei, în starea rece, cu toleranțele valorii admisibile;
15. Curentul nominal în stare caldă;
16. Puterea activă maximă a bobinei montate pe circuitul magnetic;
17. Suprafața de răcire a bobinei;
18. Sensul de înfăşurare a bobinei;
19. Tratamente termice: rețetă, temperatură, durată;
20. Factorul de putere minim, pentru bobinele de c.a. montate pe circuitul magnetic

5.5.1. Tehnologia fabricării bobinelor cilindrice pe carcase

Bobinarea – ca principală operație tehnologică specifică – se poate realiza la maşini manuale, sa prevăzute cu motor de antrenare.

Maşinile manuale utilizate în producția de serie mică, se pot amenaja şi din maşini de găurit manuale. În ceea ce priveşte maşinile cu acționare mecanică, există numeroase tipuri de maşini de bobinat cilindric, care diferă între ele după principiul constructiv, limitele de turație, diametrul sârmei care se poate utiliza etc. Oricare ar fi acestea, sistemul lor cinematic trebuie să îndeplinească următoarele funcții, pe care le pretinde tehnologia bobinării:

– realizarea spirelor prin rotirea carcasei bobinei, cu desfăşurarea continuă a conductorului de pe mosorul de alimentare;

– deplasarea longitudinală uniformă a conductorului în vederea realizării straturilor uniformă a conductorului în vederea realizării straturilor înfăşurării şi inversarea sensului deplasării longitudinale la terminarea unui strat;

– înregistrarea şi afişarea permanentă a numărului de spire bobinate;

– întinderea uniformă şi continuă a conductorului de bobinaj, fără depăşirea limitei sale elastice, în vederea realizării unei bobine compacte, cu conductoarele din straturi strânse aplicate.

Totuşi, spirele nu trebuie să fie riguros lipite unele de altele în timpul bobinajului deoarece sunt fabricate cu toleranțe. Avansul trebuie să fie de aşa natură încât să se obțină un mic spațiu între spire care să permită compensarea acestor toleranțe.

Cele mai răspândite maşini de bobinat din industria electrotehnică sunt cele semiautomate, la care doar introducerea carcaselor, fixarea firelor terminale şi demontarea bobinelor gata confecționate se efectuează manual. Ele sunt compuse din următoarele părți principale:

– un ambreiaj şi frână, care asigură o pornire lină şi progresivă a operației de bobinare;

– o cutie de viteză pentru mişcarea în avans, cu 4-6 game şi alta pentru mişcarea de bobinare, cu 3 sau 6 viteze. Cele cu 3 viteze, numite cu turații standard, sunt de domeniul 0-6000 t/min., iar cele cu 6 le au cuprinse în domeniul 0-12000 t/min (0-14000 t/min), jumătatea a doua a domeniului corespunzând turațiilor rapide:

– dispozitive de deplasare a elementului de ghidaj al conductorului;

– cuplaj mecanic, care asigură inversarea automată şi prescrisă a sensului mişcări de avans, comandat de limitatoare cu şurub micrometric;

– dispozitive de reglare a forței de întindere a conductorului în timpul bobinării;

– numărătorul de spire, care permite oprirea automată a maşinii la atingerea numărului de spire prescrise.

La maşinile semiautomate, complexe, pe lângă bobinarea pe mai multe carcase, simultan, există posibilitatea introducerii de izolații intermediare, între straturi.

Combinarea introducerii automate cu o comandă electronică permite, pe lângă pornirea lină, variația continuă şi în limite largi a turației, reducerea automată a turației în momentul introducerii hârtiei izolante şi reducerea automată a turației la apropierea numărului de spire prestabilit. Există de asemenea maşini de bobinat cu comandă program, la care acesta se înregistrează la executarea cu comandă manuală a unei bobine etalon.

Cu ajutorul unui demultiplicator, înregistrarea programului permite mărirea preciziei de înregistrare şi de bobinare. Bobinarea se poate face pe carcase cu diametrul de 13-14 mm, folosind conductoare cu diametrul cuprinse între 0,05-0,46 mm şi executând simultan până la 12 bobine.

Etapele procesului tehnologic sunt următoarele:

– dezizolarea conductorului de bobinaj emailat şi înfăşurarea lui pe firul terminal, prin fixator.

– decaparea şi lipirea cu cositor fludor a conductorului din mătase vegetală (MVL), cu dimensiunile 25×80 mm^2;

– introducerea carcasei pe dornul maşinii de bobinat;

– bobinarea propriu-zisă la numărul de spire prescrise;

– montarea şi fixarea cu bandă adezivă de celuloză a legăturii terminale II;

– aşezarea izolației de exterior, realizată de asemenea din mătase vegetală, cu dimensiunile 30×140 mm^2;

– dezizolarea conductorului de bobinaj şi lipirea lui de firul terminal II prin cositorire cu fludor;

– introducerea peste firele terminale a tuburilor izolante confecționate din PVC;

– fixarea etichetei bobinei, care cuprinde: tensiunea de lucru, secțiunea spirei şi numărul de spire;

– aşezarea peste etichetă a izolației transparente realizată din folie poliesterică, care permite citirea etichetei. Fixatorul este realizat din bandă adezivă.

5.5.2. Tehnologia fabricării bobinelor fără carcasă

Înfăşurarea bobinelor cilindrice fără carcase se efectuează pe dispozitive numite şabloane, confecționate din materiale metalice sau ne-metalice. Pentru a asigura scoaterea bobinei de pe şablon, partea centrală a acestuia este secționată oblic. De asemenea, ținând cont de necesitatea consolidării mecanice a înfăşurării, obişnuit realizată prin bandajare, cu bandă din bumbac sau poliester pentru izolații, STAS 1205-79, dimensiunile şablonului pentru interiorul bobinei trebuind să fie mai mari (cu grosimea straturilor izolante) decât dimensiunea bobinei impusă de desen, iar lungimea părții bobinate de pe şablon trebuie să fie mai mică – din aceleaşi motive – decât înălțimea în stare finală a bobinei fără carcasă. Unele construcții de bobine prevăd unul sau câteva straturi de izolație, în foi, pentru suprafața interioară a bobinei, care este în atingere cu miezul magnetic.

Operațiile procesului tehnologic de realizare a bobinelor cilindrice fără carcase pot fi, de exemplu, următoarele:

– montarea şablonului cu flanşele lui laterale, pe dornul maşinii de bobinat;

– plasarea pe laturile şablonului a unei bucăți din banda izolatoare din bumbac şi fixarea cu bandă adezivă;

– fixarea conductoarelor terminale în locaşurile prevăzute în şablon şi lipirea de primul a capătului conductorului de bobinaj;

– bobinarea propriu-zisă, cu introducerea în caz de necesitate, a izolațiilor între straturi;

– lipirea capătului înfăşurării cu firul terminal;

– izolarea exterioară cu un strat subțire (0,25 mm) de preşpan;

– legarea strânsă cu cele patru bucăți de bandă de bumbac a bobinei pentru împiedicarea derulării spirelor la scoaterea ei de pe şablon;

– înfăşurarea exterioară cu bandă de bumbac pentru consolidarea mecanică şi izolarea electrică a bobinei scoase de pe şablon;

– fixarea etichetei pe suprafața exterioară a bobinei.

5.5.3. Tehnologia bobinării toroidale

Bobinele toroidale se întâlnesc aproape exclusiv la transformatoarele de curent. Bobinarea pe miezuri toroidale se poate face fie manual, cu implicații asupra productivității muncii, fie cu maşini speciale de bobinat

Miezul magnetic se izolează în prealabil prin bandajare cu bandă izolantă din bumbac, poliester sau țesături din fire de sticlă, în funcție de temperatura de funcționare a ansamblului. Consolidarea mecanică a bandajării se realizează fie provizoriu, prin legare cu sfoară, fie prin aplicarea câtorva inele de bandă adezivă.

Coroana metalică sau suveica, ghidată interior pe rolele, este demontabilă prin culisarea unei porțiuni a ei, astfel încât să permită introducerea şi scoaterea miezului magnetic.

Operația propriu-zisă de bobinare se face cu ajutorul agățătoarele de fir ce permit trecerea firului conductor de la interiorul la exteriorul torului prin rotirea suveicii în sens invers. Distanța dintre ele este reglabilă încât să corespundă semi-perimetrului torului de bobinat.

Concomitent cu rotirea suveicii are loc şi rotirea miezului magnetic ghidat pe role cauciucate la exterior cu posibilități de reglare a distanțelor dintre ele aşa încât să fie permisă bobinarea miezurilor magnetice de diametre exterioare diferite.

Izolarea exterioară a bobinei se poate realiza la aceeaşi maşină de bobinat.

5.5.4. Tehnologia impregnării bobinelor

Impregnarea bobinelor constă în umplerea cu lac electroizolant a porilor izolației şi a golurilor ocupate de aer în bobinaj. Prin impregnarea bobinelor cu răşini electro-izolante, se obține:

– mărirea conductibilității şi stabilității termice prin umplerea golurilor de aer cu compoziția de impregnare care se solidifică;

– mărirea stabilității la umezeală, în special la bobinele cu conductori izolați cu fibre vegetale (bumbac, mătase) prin umplerea porilor izolației neimpregnate;

– mărirea rigidității dielectrice a ansamblului, prin acelaşi efect de umplere a golurilor dintre spire;

– mărirea rezistenței mecanice a bobinei, eliminând posibilitatea deplasării spirelor şi straturilor, precum şi distrugerea izolației prin frecare, ca urmare a trepidațiilor sau a eforturilor electromagnetice.

Dintre materialele folosite al impregnare se enumără:

Compoundurile, care sunt amestecuri de substanțe izolante (răşini, bitumuri) care trec în stare lichidă prin încălzire; întărirea se face la răcirea compoundului topit.

Sunt şi compounduri ce se întăresc la temperatura ambiantă prin polimerizare.

Pentru a oferi compoundurilor caracteristicile necesare (conductivitatea termică ridicată, parametrii electrici corespunzători) se adaugă în compoziția lor praf de siliciu, talc etc. Compoundurile pot fi de umplere şi de impregnare.

Cele de umplere se utilizează pentru umplerea a numeroase cavități, spații dintre piese, pentru protejarea izolației împotriva umidității, pentru creşterea tensiunii de străpungere, pentru îmbunătățirea transmisiei de căldură.

Lacurile sunt dizolvanți coloidali ai răşinilor, bitumurilor sau uleiurilor de uscare şi sunt formate din cca 40% masă solidă şi cca 60% solvent lichid. La uscarea lacului se evaporă solventul iar baza lacului (răşina) trece în stare solidă polimerizată, formând o peliculă subțire de lac.

Lacurile pot fi: de impregnare (pentru impregnarea izolației solide: fibroase, hârtie, carton, țesătură, izolația înfăşurării bobinelor), de acoperire (pentru formarea unei pelicule rezistente mecanic, netedă şi lucioasă, stabilă la umiditate), de lipire (folosită pentru lipirea materialelor electroizolante solide sau pentru lipirea acestora de metale; cu excepția unei bune aderențe, trebuie să aibă proprietăți izolante şi higroscopicitate corespunzătoare).

Procesul tehnologic de impregnare comportă uscarea preliminară, impregnarea propriu-zisă şi uscarea pieselor impregnate. Tehnologia impregnării se concretizează în funcție de forma şi dimensiunile bobinelor de impregnat, de natura izolației, a mediului de funcționare şi a răşini de impregnat alese, stabilindu-se numărul şi regimul corespunzător fiecărei impregnări.

Uscarea bobinelor se face înainte de impregnare, pentru îndepărtarea umidității, a cărei existență împiedică pătrunderea completă a compoziției de impregnare în porii izolației, iar după impregnare, prin uscare, se îndepărtează solvenții lacului utilizat, sau se asigură prin polimerizare întărirea răşinii utilizate. Pentru ambele operației de uscare se întrebuințează, de obicei, aceleaşi instalații. Uscarea prealabilă se poate face în vid, în autoclave la temperaturi de 80-100 °C, timp de 0,5-2 ore, funcție de dimensiunile şi construcția bobinelor sau în cuptoare tunel, cu circulația de aer cald la temperaturi de 110-130 °C, timp de 1,5-3 ore, funcție de aceeaşi factori ca la uscarea în vid. Uscarea bobinelor impregnate, când are loc procesul de polimerizare al materialului de impregnare, se poate efectua la temperaturi cuprinse între 100 şi 160 °C, funcție de tipul compoziției de impregnare, conform prescripțiilor producătorului.

Timpul de uscare la cuptoare a bobinelor impregnate, variind de la câteva secunde la câteva zeci de ore, depinde de următorii factori:

– temperatura din cuptorul de uscare:
– viteza şi volumul schimbului de aer;
– construcția şi dimensiunile bobinelor;
– proprietățile compoziției de impregnare.

Utilizând impregnarea cu răşină epoxidică Aradit-MY-745, timpul de uscare (polimerizare) a răşinii este de 16 ore la temperatura de 100 °C, respectiv de 10 ore pentru uscarea la temperatura de 120 °C.

Procesele de impregnare a bobinelor cu lacuri şi răşini electroizolante se clasifică în:

– impregnarea la presiune atmosferică (prin imersiune);
– impregnarea în vid;
– impregnare în vid şi sub presiune.

Impregnarea prin imersiune (scufundare) a bobinei în baia deschisă cu lac de impregnare nu se foloseşte decât după operații anterioare de impregnare, la operații de acoperire. Durata de menținere a bobinajelor în vasul de impregnare este de 10-30 minute, fiind considerată terminată după ce încetează complet degajarea bulelor de aer la suprafața lacului electroizolant.

Impregnarea în vid asigură scoaterea umidității şi aerului din ansamblul de impregnat şi umplerea completă a golurilor cu compoziția de impregnare. Combinarea procesului de impregnare în vid cu impregnarea sub presiune micşorează durata ciclului, mărind productivitatea procesului tehnologic de impregnare. Schema unei instalații de impregnare în vid şi sub presiune este prezentată în figura 5.9..

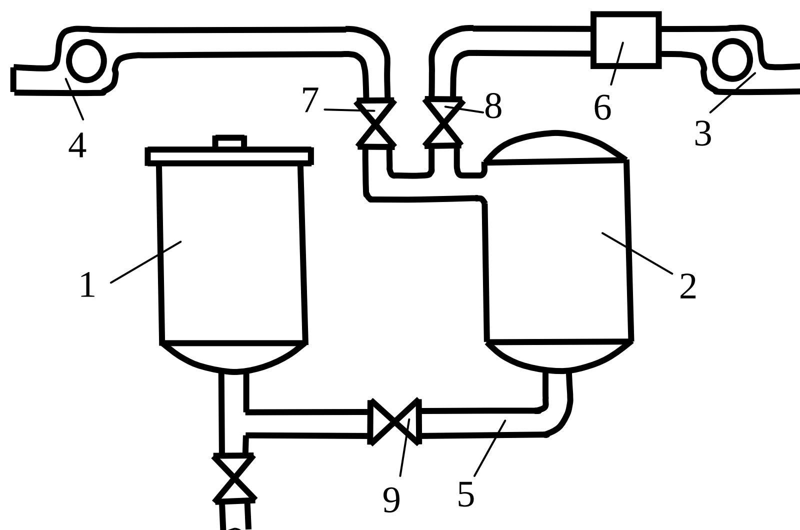


Figura 5.9. Schema unei instalații de impregnare a bobinelor:
1 – rezervorul cu lac de impregnare; 2 – autoclavă; 3 – pompă de vid; 4 – compresor;
5 – conductă de traversare; 6 – coloană de condensare; 7, 8, 9 – robinete.

Operațiile procesului tehnologic de impregnare în vid şi sub presiune a bobinelor se desfăşoară după cum urmează:

– introducerea bobinelor, aşezate în site, în autoclavă şi uscare în vid;
– răcirea bobinelor, în autoclavă până la temperatura de impregnare;
– introducerea prin aspirație a lacului de impregnare preîncălzit în autoclavă până ce acesta a acoperit complet bobinele;
– impregnare sub presiune, realizată prin închiderea robinetului de la conducta de vid şi deschiderea celui ce face legătura cu conducta de presiune şi menținerea sub presiune timp de 15-30 minute;
– evacuarea lacului de impregnare sub acțiunea unei uşoare suprapuneri în rezervorul de lac;
– scurgerea surplusului de lac de pe bobină;
– uscarea bobinelor impregnate şi evaporarea solventului în vid;
– scoaterea bobinelor din autoclavă;
– uscarea, polimerizarea materialelor de impregnare, în cuptor.

Procesul de impregnare se repetă, de obicei, de două, trei ori.

Calitatea impregnării depinde de respectarea strictă a procesului tehnologic, din care motiv instalațiile moderne sunt prevăzute cu sisteme automate de reglare a temperaturii, vidului şi presiunii. O atenție deosebită trebuie acordată respectării cu strictețe a reţetei de preparare a lacului de impregnare, precum şi a completării amestecului consumat în timpul impregnării. Trebuie respectate de asemenea toate normele de protecția muncii şi de igienă industrială, întrucât unele substanțe care intră în compoziția lacurilor de impregnat sunt inflamabile, altele toxice sau cu agresivitate asupra epidermei operatorilor.

5.5.5. Controlul calității bobinei

Controlul pe parcursul execuției bobinelor constă în controlul materialelor ce intră în componența acestuia: conductor, benzi, foi electroizolante, lacuri, diluanți etc.

Controlul de recepție al acestor materiale se realizează conform standardelor, normelor interne şi caietelor de sarcini existente pentru aceste materiale. Totodată se realizează un control intermediar al subansamblurilor bobinei (carcase, borne).

Controlul final al ansamblului bobină constă din:

– măsurarea rezistenței ohmice şi a numărului de spire cu ajutorul punților de măsură şi al unui miez magnetic de probă demontabil, prevăzut cu o bobină etalon calibrată. Precizia impusă este de ±5%, pentru bobinele de curent continuu şi ±13%, pentru cele de curent alternativ, valori corespunzând temperaturii de 20 °C;

– verificarea existenței scurtcircuitelor între spire;

– rigiditatea dielectrică a izolației se verifică aplicând tensiunea de 1000 V, 1 minut.

Controlul de lot, periodic, prin sondaj cu refacerea tuturor probelor de tip, asigură constanța performanțelor bobinelor în condițiile cerute ale procesului tehnologic de fabricație.

5.6. Tehnologia de fabricație a miezurilor magnetice

Materialele de baze care se utilizează la confecționarea **miezurilor magnetice funcționând în curent continuu** sunt:

a) Fierul tehnic pur (oțel suedez), cu procent foarte mic de carbon (sub 0,1%) în formă de bare, benzi şi table.

b) Fierul electrotehnic, cu conținut redus de carbon şi impurități, utilizat sub formă de benzi şi bare la aparatele ce necesită performanțe electromagnetice ridicate.

c) Fierul carbonil, cu conținut sub 0,05% impurități, utilizat pentru piese de forme mai complicate obținute prin sinterizare şi utilizat în special la construcția miezurilor unor relee.

d) Fonta, pentru inducții de până la 1T.

Tabelul 5.11.Materiale magnetice moi pentru miezuri, de c.c.

Denumirea materialelor	Compoziția	Permeabilitatea 10^{-3} [H/m]		H_c [H/m]	$4\pi \cdot J_s$ [T]
		μ_i	μ_m		
Fier sărac în carbon	99,8Fe +0,2Si	0,151	2,51	143,24	2,12
Fier Armco	99,1Fe +0,1Si	0,314	8,792	63,66	2,2
Carbonil	99,9Fe +0,1Si	2,51-5,02	25,1-27	6,37	2,17
Fier-siliciu	96Fe +4Si	0,629	0,792	39,76	1,97
texturat	97Fe +3Si	1,88	50,2	7,96	2,00
Alsifier	85Fe +9,5Si +5,5Al	37,68	150,72	3,98	1,00
Radiometal	50Fe +47Ni +3Cu	3,14	31,4	23,87	1,56
Megaperm 6510	65Ni +10Mn +25Fe	6,027	31,4	6,37	0,86
Permalloy 45	55Fe +45Ni	3,14	31,4	23,87	1,60
Idem 50 texturat	50Fe +50Ni	6,28	251	3,98	1,56
Permaloy 65	65Ni +35Fe	12,56	125,6	7,96	1,30
Permaloy 68	68Ni +32Fe	1,507	314	2,39	1,30
Permaloy 78	78,5Ni +21,5Fe	12,56	125,6	3,98	1,08
Permaloy cu crom	78,5Ni +3,8Mo +17,7Fe	15,07	73,6	2,39	0,80
Permaloy molibden	78,5Ni +3,8Mo +17,7Fe	15,07	150,72	3,18	0,87
Aliaj 1040	72Ni +14Cu +3Mo +11Fe	5,02	125,6	31,59	0,65
Mumetal	77Ni +5Cu +2Cr +16Fe	25,1	125,6	3,98	0,72
Supermaloy	79Ni +5Mo +16Fe	125,6	125,6	0,23	0,80
Dynamax	65Mi +2Mo +33Fe	–	1884	0,40	–

Tabelul 5.12.Materiale magnetice moi pentru miezuri de c.a.

Mate-rialul	Calitate material	P_H [W/kg]		Inducția magnetică				Masa [kg/dm^3]	
		P_{10}	P_{15}	B25	B50	B100	B300	fără oxizi	cu oxizi
Tablă sili-cioasă	EI-3,5	3,5	8,2	1,53	1,63	1,75	1,98	7,85	7,80
	EII-3,0	3,0	7,1	1,50	1,62	1,75	1,98	7,80	7,75
	EIII-2,6	2,6	6,1	1,50	1,62	1,75	1,98	7,80	7,75
	EIII-2,4	2,4	5,8	1,48	1,59	1,73	1,95	7,70	7,65
	EIII-2,2	2,2	5,8	1,48	1,59	1,73	1,95	7,70	7,65
	EIII-2	2	4,9	1,46	1,57	1,72	1,94	7,70	7,65

Semnificația simbolurilor din tabel este: μ_i – permeabilitatea inițială; μ_M – permeabilitatea maximă; H_0 – câmpul coercitiv; $4\pi \cdot J_s$ – intensitatea de magnetizare la saturație; p_H – pierderi prin histerezis; P_{10}, P_{15} – magnetizarea în cicluri în câmp magnetic 50 Hz pentru valorile de vârf B_H =1; 1,5 Wb/m^2 la 20 °C; $B_{25...300}$ – inducția magnetică corespunzătoare câmpurilor H = 25...300 A/cm.

Miezurile magnetice utilizate în construcția aparatelor de curent continuu sunt în general masive, obținute prin prelucrarea mecanică a materialelor laminate sau turnate. În multe cazuri, mai ales la electromagneții rapizi de curent continuu, miezurile se execută din tole.

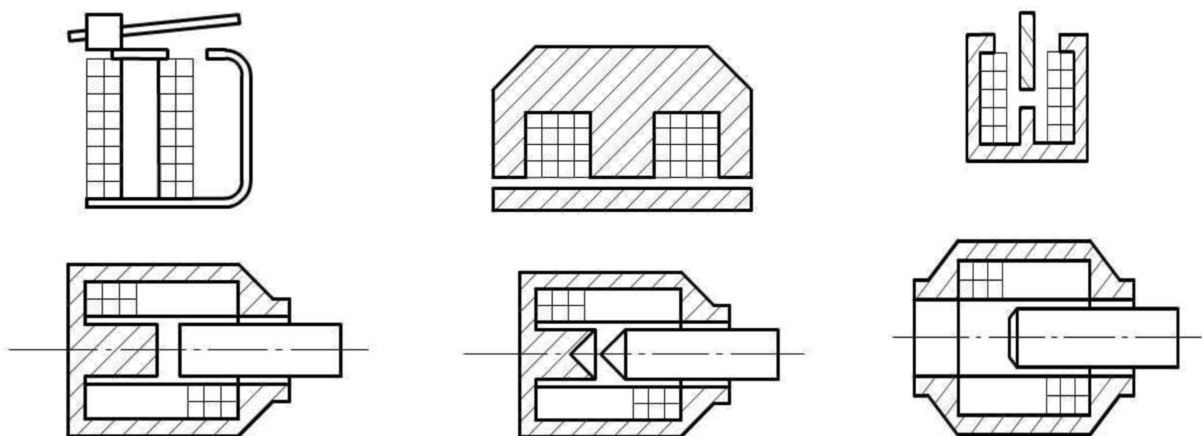


Figura 5.10. Tipuri constructive de miezuri magnetice utilizate la construcția aparatelor de curent continuu: cu armătura rotitoare în jurul unei axe, în manta şi de tip plonjor.

După caracteristicile constructive şi tehnologice, miezurile masive ale aparatelor electrice de curent continuu se pot clasifica în:

– **Miezuri magnetice cu armătura mobilă rotitoare** în jurul unei axe. Utilizat frecvent în construcția releelor electromagnetice şi a contactoarelor de curent continuu, acest gen de electromagnet de tip clapetă dezvoltă o forță relativ mare, pentru o cursă mare, corespunzătoare momentului inițial al deplasării armăturii. Jugul acestor electromagneți se execută de obicei din bandă sau bară, armătura mobilă din bandă, iar miezul se obține obişnuit prin strunjirea materialului sub formă de bară.

– **Miezurile magnetice cu armătura mobilă** în mişcare rectilinie, utilizate în cazul unor curse mici şi a unor forțe de atracție mari. Circuitul magnetic poate fi în formă de U sau manta, executat prin turnare.

– **Miezurile magnetice cu armătura mobilă** în mişcare rectilinie în interiorul bobinei ce constituie tipul constructiv cunoscut sub denumirea de electromagnet plonjor. La aceşti electromagneți, jugul se poate executa din tablă, țeavă sau turnat din oțel.

Părțile frontale ale jugurilor pot fi executate din bandă sau turnate din oțel, iar miezul mobil se execută de obicei din material în formă de bară, tras sau strunjit;

– **Miezurile magnetice fără armătură mobilă** sunt electromagneții de ridicare (elevatori). Jugul şi miezul acestor electromagneți se poate confecționa din oțel turnat sau tablă de oțel sudată.

5.6.1. Procesul tehnologic de fabricare a miezurilor magnetice masive

Procesul tehnologic de fabricare a acestor miezuri, utilizate la dispozitivele electromagnetice de curent continuu, cuprinde o succesiune de procese tehnologice, ca: turnarea, prelucrarea prin strunjire, frezare, burghiere şi filetare. La confecționarea părților cilindrice şi frontale ale jugurilor, se procedează mai întâi la tăierea semifabricatului pe prese sau foarfece, atunci când materialul este sub formă de bară, tablă sau țeavă, respectiv la confecționarea piesei prin turnare. În procesul de confecționare a materialului de bază apar tensiuni interne, în urma cărui fapt se înrăutățesc proprietățile magnetice ale semifabricatului şi se măreşte duritate, ceea ce îngreuiază prelucrarea următoare prin aşchiere. Pentru a obține o structură omogenă, fapt care determină îmbunătățirea calităților magnetice şi mecanice ale materialului, semifabricatele sunt supuse recoacerii.

Procesul de recoacere se face în următoarea succesiune:

– Încălzirea materialului laminat la cald până la temperatura de 850-900 °C, iar a oțelului turnat până la 850-900 °C, timp de 2 până la 4 ore, în funcție de compoziția materialului şi de dimensiunile semifabricatului.

– Menținerea la temperatura indicată timp de aproximativ 30 de minute, pentru a se asigura o recoacere uniformă.

– Răcirea materialului, cu viteză constantă de până la 30 °C/h.

Operația de strunjire, realizată pe strunguri de diferite tipuri, trebuie să asigure o precizie mare, admițându-se toleranțe de 0,005 mm. Asigurarea preciziei prin prelucrare este necesară pentru a permite exactitatea aşezării pieselor parcurse de fluxurile magnetice. În afara preciziei dimensiunilor geometrice, trebuie să se respecte perpendicularitatea şi paralelismul suprafețelor prelucrate, pentru a evita deformări ale întrefierurilor sau suprafețelor frontale.

Cu ajutorul unor dispozitive sau plăci de trasat se realizează apoi trasarea pentru operațiile de frezare şi găurire. Frezarea suprafețelor plane se realizează pe maşini de frezat orizontale şi verticale. De multe ori se preferă ca prelucrarea jugului şi a miezului să se facă în stare asamblată, în special la construcțiile releelor electromagnetice. Acest lucru permite prelucrarea corespunzătoare a suprafețelor fixe şi mobile ce vin în contact şi asigurarea unui întrefier corespunzător.

La prelucrarea miezurilor magnetice ale armăturilor mobile este necesară rectificarea părților alăturate miezurilor şi jugurilor.

La armăturile mobile ce execută o mişcare de rotație, esențialul constă în asigurarea exactității aşezării acesteia pe armătura fixă, cu întrefieruri minime.

Următoarele operații constau în burghierea, zencuirea şi filetarea orificiilor, după care urmează debavurarea şi îndepărtarea muchiilor ascuțite cu maşini de şlefuit şi polizat. În sfârşit, după o prealabilă curățire chimică, urmează operația de acoperire electrochimică, de exemplu, zincarea sau vopsirea pieselor.

5.6.2. Procesul tehnologic de fabricare a miezurilor magnetice de c.a.

Pentru executarea tolelor, din care se împachetează miezurilor magnetice ale aparatelor de curent alternativ, se utilizează tabla silicioasă, în compoziția căreia prezența siliciului măreşte rezistivitatea oțelului, micşorând prin aceasta curenții turbionari. Siliciul mai contribuie la creşterea permeabilității magnetice şi la micşorarea pierderilor prin histerezis. Pe măsura creşterii conținutului de siliciu însă, proprietățile mecanice ale tablei se înrăutățesc, ea devine mai casantă şi uzează mai repede tăişurile sculelor. Se fabrică mai multe calități de tablă siliciasă, care se deosebesc prin proprietățile magnetice şi gradul de aliere cu siliciul.

a) **Tabla silicoasă laminată la cald**, EI până la EIV, tablă electrotehnică slab, mediu, respectiv supra-aliată, având următoarele pierderi:

EI: P_{10} =3,6 W/kg; 0,7% Si – slab aliată;
EII: P_{10} =2,8 W/kg; 1,7% Si – mediu aliată;
EIII: P_{10} =2,8 W/kg; 2,5% Si – mediu aliată;
EIV: P_{10} =1 W/kg; 4,3% Si – supra-aliată.

Această tablă se utilizează obişnuit la grosimi de 0,5 şi 0,35 mm.

b) **Tablă laminată la rece** cu permeabilitate magnetică mare în direcția laminării, de 0,35 mm grosime şi un conținut de 3% siliciu, utilizată la confecționarea circuitelor magnetice ale transformatoarelor de măsură şi a bobinelor de şoc. Pierderile magnetice sunt reduse: P_{10} =0,6 W/kg.

c) **Tablă cu textură cubică**, cu permeabilitate magnetică mare, în două direcții perpendiculare, utilizată pentru confecționarea miezurilor magnetice ale transformatoarelor şi bobinelor cu miez de fier din tole ştanțate, cu forme complicate. Conținutul de siliciu este de 3-3,5%.

După caracteristicile constructive şi tehnologice, miezurile din tole ale echipamentelor de curent alternativ se pot clasifica în:

– Miezurile magnetice fără părți mobile, utilizate la construcția transformatoarelor de măsură şi a bobinelor de şoc. Ele se pot executa din tole dreptunghiulare (figura 5.1.a), în formă de L (figura 5.11.b), în formă toroidală din bandă spiralată (figura 5.1.d);

– Miezurile magnetice cu armătură mobilă, utilizate la construcția contactelor, releelor şi electromagneților de acționare.

– Tolele utilizate pot fi în formă de U, L, E, I, iar armătura mobilă poate executa o mişcare de translație (figura 5.11.c. şi e) sau o mişcare de rotație în jurul unui ax sau în jurul muchiei unei prisme (fig.ura 5.11.f).

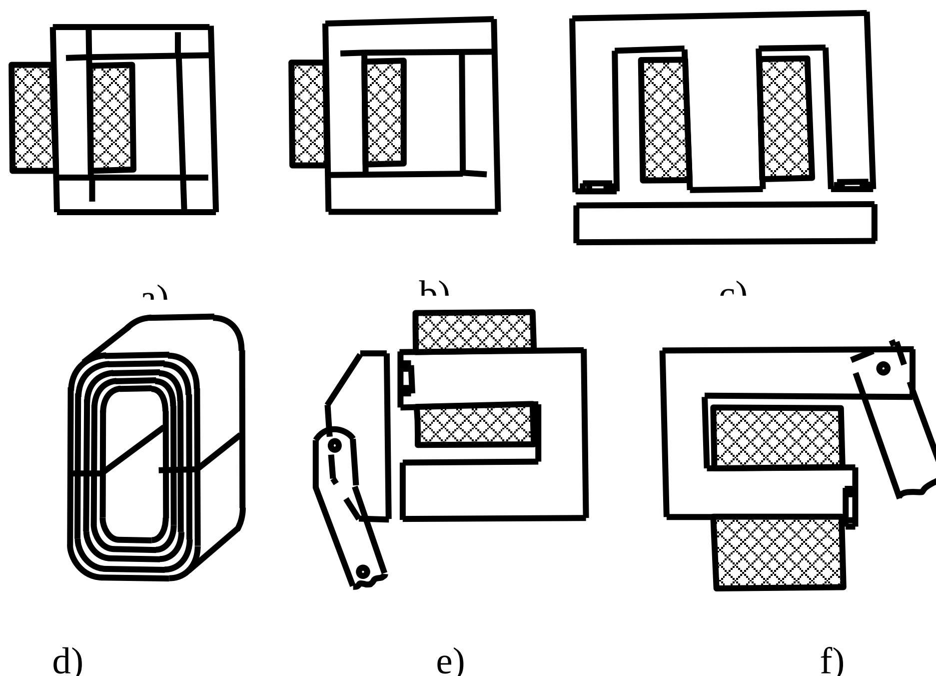


Figura 5.11. Tipuri constructive de miezuri magnetice din tole utilizate la construcția aparatelor de curent electric alternativ; a, b – din tole dreptunghiulare; c) din tole în formă de E, cu mişcare de translație a armăturii mobile; d) toroidale din bandă spiralată; e, f) – în formă de U, cu mişcare de rotație a armăturii mobile.

5.6.3. Procesul tehnologic de fabricație a miezurilor magnetice din tole

Caracteristicile tehnologice ale confecționării miezurilor magnetice din tole împachetate, utilizate la dispozitivele electromagnetice de curent alternativ, diferă după forma constructivă a tolelor, după variantele de tăiere ale acestora din tablă silicioasă, după tipul utilajului de ştanțare şi după modalitatea de fixare a spirelor în scurtcircuit.

a) Tehnologia ştanțări tolelor miezurilor magnetice împachetate

Înainte de ştanțare, tablele se debitează la foarfecă în fâşii, la lățimea necesară. Tăierea tablelor silicioase se face folosind diferite procedee: cu ajutorul unor foarfece ghilotină, foarfece cu role drepte ori înclinate, sau foarfece vibratoare. Ştanțarea este una din cele mai avantajoase metode tehnologice de producție, deoarece permite:

– executarea de operații complexe şi obținerea unor piese de formă complicată, prin tăierea şi deformarea la rece a materialului, cu simple lovituri de presă;

– stabilizarea dimensiunilor, cu o precizie ridicată, fără necesitatea unor prelucrări mecanice ulterioare;

– utilizarea rațională a materialului;

– aplicarea metodelor de organizare specifice producției de serie mare.

Datorită formelor complicate şi foarte diferite ale miezurilor electrice de curent alternativ, criteriul cel mai important al tehnologicității pieselor ştanțate este economia de material, din cauza ponderii mari pe care o are valoarea materialului în prețul de cost al pieselor ştanțate. De aceea, configurația piesei trebuie să asigure utilizarea optimă a tablei, permițând înlocuirea decupării prin retezare fără deşeu. Dacă deşeul este inevitabil, este de dorit să i se dea configurația unei alte piese sau să fie reutilizat.

Astfel, adaptarea unei construcții tehnologice pentru tolele transformatorului de măsură, ale contactoarelor şi releelor permite obținerea tolelor I din deşeurile care se produc la ştanțarea ferestrelor de la tolelor E. Ştanțarea se face prin retezare fără deşeu, cu o productivitate dublă față de ştanțarea prin decupare.

Tabelul 5.13. Dimensiunile recomandabile la miezurile magnetice în formă de L.

a [mm]	b [mm]	c_1 [mm]	c_2 [mm]
53	17	7	8
59	13	5	9
59	30	15	15
62	30	15	15
62	30	16	16
74,6	39,8	15	15
88	66	14	14
140	20	10	10
152	26	13	13

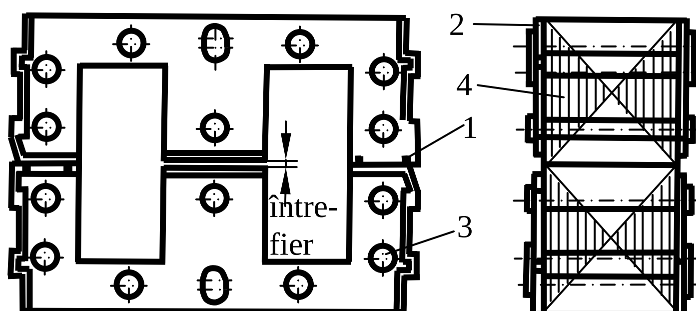


Figura 5.12. Miezul magnetic al unui electromagnet de curent alternativ.
1. spiră în scurtcircuit; 2. tolă de capăt; 3. nituri ;
4.pachet de tole din tablă silicioasă

Deoarece la ştanţarea tolelor silicioase subţiri (0,35–0,5 mm), cu rezistenţă mare la tăiere (45-53 daN/mm^2), pentru a se obţine o tăiere fără bavuri trebuie ca spaţiile dintre poanson şi matriţă să fie de cca 6-7% din grosimea materialului, este necesară o mare precizie la confecţionarea utilajelor. Se pot utiliza matriţe bloc (figura 5.13) care decupează dintr-o singură lovitură conturul complet şi la care placa tăietoare 1 este fixată de placa superioară mobilă a ştanţei. Poansonul pentru contur 2 este fixate de placa inferioară fixă a ştanţei şi serveşte drept matriţă pentru poansoanele 3, care ştanţează orificiile. Banda de material 4 se aşează între matriţă şi poansoane. După lovirea ştanţei, conturul tăiat al tolei se îndepărtează din matriţa 1 cu ajutorul aruncătorului 5, sub acţiunea resoartelor.

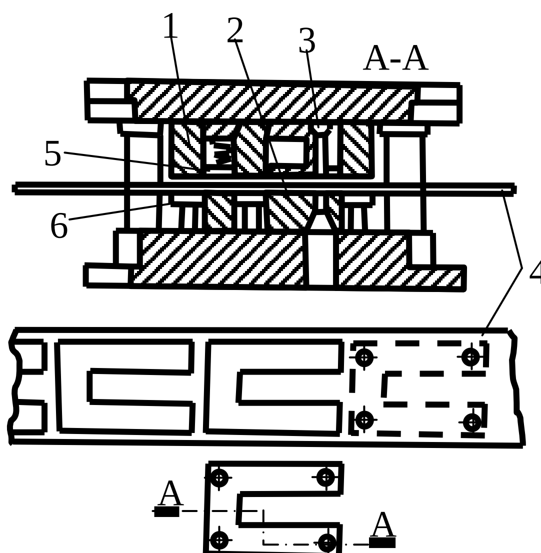


Figura 5.13. Matriţă bloc
1 – placă tăietoare; 2 – poanson pentru contur;3 – poansoane pentru găuri de nit;
4 – banda de material; 5 – aruncător; 6 – dezbrăcător.

Banda decupată se scoate de la poansonul 2 de către dezbrăcătorul 6. În cazul în care găurile sunt apropiate între ele sau de conturul tolei, nu se recomandă utilizarea matriţelor bloc, deoarece punţile prea înguste nu rezistă la acţiunea forţei de apăsare.
În aceste situaţii se utilizează matriţa cu înaintare sau pas cu pas, care realizează decuparea conturului şi a orificiilor prin mai multe lovituri succesive (figura 5.14.). Se ştanţează întâi găurile tehnologice 3, în care, prin înaintarea benzii de material 6, vor intra ştifturilor de centrare 4. Placa tăietoare 1 formează partea inferioară, de lucru, a matriţei iar poansoanele 2 şi 5 servesc pentru realizarea găurilor de asamblare, respectiv de obţinere a conturului tolei.

Toleranţele admise la construcţia miezurilor magnetice sunt sate în tabelul 5.14.

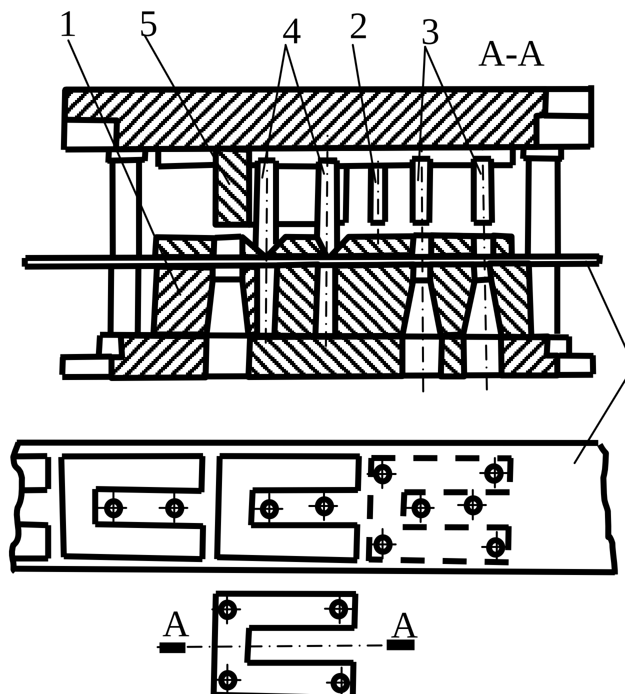


Figura 5.14. Matrița cu înaintare (pas cu pas)
1 – placă tăietoare; 2 – poanson pentru găurile de nit; 3 – poansoane pentru găurile tehnologice; 4 – ştifturi de centrare; 5 – poanson pentru contur; 6 – bandă de material.

Tabelul 5.14. Toleranțele admise la realizarea miezurilor magnetice

Mărimea	Toleranța admisibilă
Înălțimea pachetului de tole	≤+0,02 mm
Dimensiuni de gabarit	±0,1... ±0,2 mm
Perpendicularitatea muchiilor	90°±0,5°
Întrefierul	$\pm 5 \cdot 10^{-3} \ldots 20 \cdot 10^{-3}$
Abaterea de la paralelism a suprafețelor plane ale întrefierului	$5 \cdot 10^{-3}$
Deplasarea axială a unei armături față de cealaltă	<0,05 mm

b) Tehnologia prelucrării tolelor miezurilor magnetice împachetate

Bavurile care apar în procesul de ştanțare a tolelor pot conduce, prin scurt-circuitarea tolelor, la pierderi de magnetizare mărite, la supraîncălziri şi scăderea randamentului. De aceea se prevede operația de debavurare, înainte de izolare, la tolele izolate prin lăcuire sau oxidare. La fabricarea miezurilor magnetice din tablă silicioasă, pentru debavurare sunt cunoscute mai multe feluri de utilaje de debavurat:

Maşini de debavurat prin polizare (şlefuire), formate din discuri de şlefuit, tolele trecând între rola de şlefuit şi cea de susținerea. La aceste maşini, valțul abraziv se uzează în mod neuniform, ceea ce conduce frecvent la necesitatea rectificării lui.

Maşini de debavurat prin laminare (vălțuire) la care tolele sunt trecute prin două role din oțel călit, bavurile fiind strivite sau rupte.

În urma tăierii, ştanțării şi chiar a debavurării, în tabla silicioasă apar tensiuni interne. Ca urmare a acestora, proprietățile magnetice ale tablelor se înrăutățesc, datorită creşterii pierderilor de magnetizare şi a forței coercitive şi scăderii permeabilității magnetice. Pentru a ameliora proprietățile magnetice ale tolelor se utilizează procesul de recoacere. Regimul de recoacerea depinde de proprietățile materialului şi se efectuează la temperaturi cuprinse între 800 şi 1200°C, timp de 2 până la 40 ore. Încălzirea şi răcirea se fac lent (20-70 °C/h), pentru a evita deformarea tolelor. Materialul se menține un anumit timp (cca. 30 min) la temperatura maximă, până când toate straturile tolelor ating temperatura respectivă. Pentru a se elimina oxidarea şi carburarea tolelor siliciaose, recoacerea se execută în cuptoare cu vid sau cu mediu neutru.

Pentru a se micşora pierderile prin curenți turbionari, tolele miezurilor magnetice se izolează una față de alta, existând mai multe procedee de izolare: cu hârtie, cu lac, prin oxidare, izolarea pe bază de fosfați: izolații de tip ceramic. Toate aceste izolații trebuie să îndeplinească anumite condiții ca: grosime minimă, rigiditate dielectrică şi elasticitatea bună; să fie termostabile şi să fie ieftine, să fie degresată, cu solvenți organici sau alcalini.

Izolarea prin lăcuire este des utilizată, datorită unor avantaje importante, ca: grosime mică, factor de umplere mare, rigiditatea dielectrică şi termostabilitate înaltă, hidroscopicitate scăzută, proprietăți mecanice bune. Procesul tehnologic constă în acoperirea tolelor cu lac pe bază de răşini sau bachelita şi polimerizarea peliculei în cuptoare.

Izolarea prin oxidare constă în formarea pe suprafețele tolelor a unei pelicule subțiri de FeO, Fe_2O_3 sau Fe_3O_4. În acest scop, tolele se încălzesc într-un cuptor de recoacere la 725 °C, după care se introduc într-un cuptor cu amestec de abur şi aer, unde se mențin timp de 1 până la 2 ore. Pelicula izolantă obținută este mai subțire decât pelicula de lac şi permite să se mărească factorul de umplere, iar pierderile în fier se micşorează cu 10-15%, ca rezultat al îmbunătățirii proprietăților magnetice în urma recoacerii. Ca dezavantaj se poate menționa ruginirea tolelor în condiții nefavorabile.

c) Tehnologia împachetării şi asamblării miezurilor magnetice

Miezurile magnetice ale aparatelor de curent alternativ se realizează în construcție împachetată, adică formate din pachete de tole presate şi rigidizate.

Tabla silicioasă, având o toleranță în grosime de ±10%, la împachetarea tolelor după număr se pot ivi abateri considerabile, legate şi de faptul că numărătoarea reprezintă o operație greu de controlat. De aceea înainte de împachetare se completează pachetele de tole la valoarea impusă, după greutate.

La împachetare este de dorit ca tolele să fie aşezate astfel ca direcția de tăiere la ştanțare să fie respectată şi la asamblare.

Strângerea pachetului de tole şi presarea lui, pentru atingerea coeficientului de împachetare optimă, se face cu presele hidraulice, pneumatice sau cu excentric, la presiuni optime cuprinse între 30-100 bari. Întrebuințarea unor presiuni mai mari deşi asigură o mai bună umplere a secțiunii cu tablă, datorită bavurilor şi a numărului mare de puncte de atingere între tole, poate conduce la contacte între tole, ceea ce provoacă pierderi magnetice suplimentare şi o încălzire excesivă a miezurilor.

Rigiditatea miezurilor se poate face prin nituire, lipire sau cu tije de strângere. Astfel, în procesul de asamblare al tolelor în formă de U ale circuitului magnetic de curent al contorului din figura 5.15, niturile tubulare care se introduc în orificiile ştanțate se berclusesc, umplând adânciturile zencuite ale tolelor marginale ale miezului amgnetic, consolidând astfel pachetul. Prezoanele şi buloanele de strângere se izolează în sul de carton electrolitic, tub izolant sau prin înfăşurarea cu hârtie bachelitică, urmată de polimerizare.

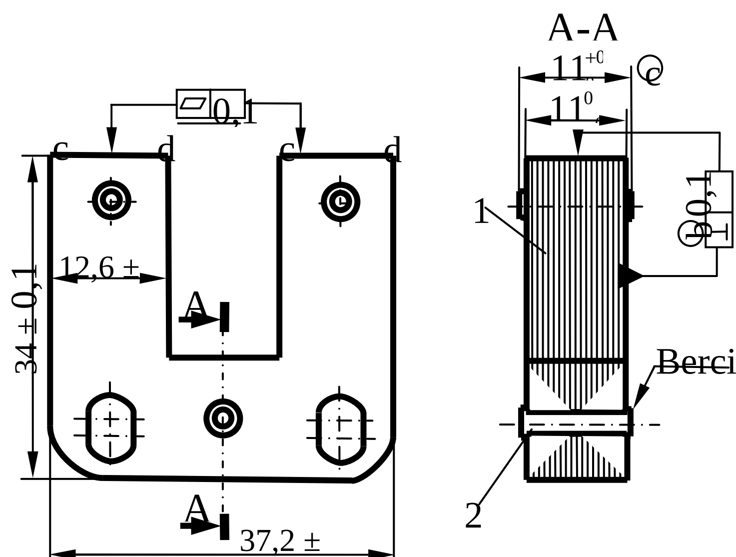


Figura 5.15. Asamblarea cu nituri a circuitului magnetic de curent al unui contor electromagnetic: 1 – Miez magnetic; 2 – Nit.

Rondelele izolante se ştanțează din carton electrotehnic. Ca urmare a tendinței de miniaturizare a elementelor constructive ale releelor şi contactoarelor, s-a răspândit în ultimul timp metoda rigidizării şi contactoarelor, s-a răspândit în ultimul timp metoda rigidizării miezurilor magnetice mici prin lipire cu răşini epoxidice, sau cu lac de bachelită. Aderența tolelor, acoperite cu răşini pe ambele fețe, se realizează prin presare şi apoi polimerizare.

Pentru eliminarea vibrațiilor provocate de componenta alternativă a forței de atracție, pe suprafețele polare ale miezurilor magnetice ale electromagneților de curent alternativ se montează spire în scurtcircuit. Pentru fixarea acestor spire în scurtcircuite se pot avea în vedere mai multe metode constructive şi tehnologice, prezentate în figura 5.16

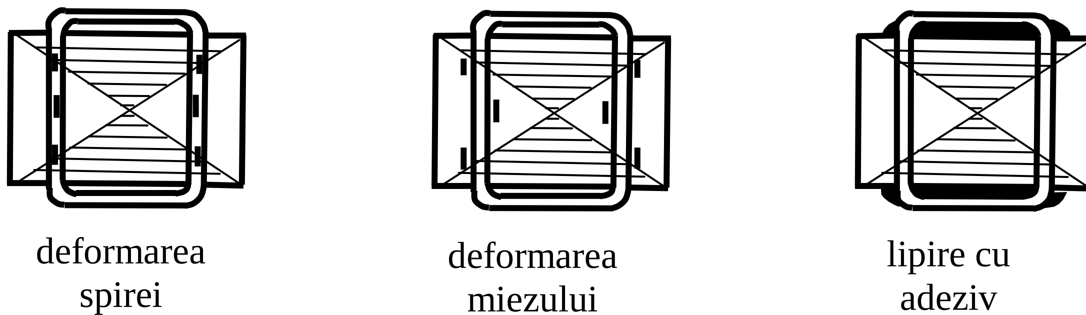


Figura 5.16. Fixarea spirelor în scurtcircuit

Prelucrarea asamblată a miezurilor magnetice împachetate se face prin rabotarea în lungul tolelor, când se obțin cele mai mici bavuri, dar procedeul necesită manoperă mare, sau prin şlefuirea cu maşina de rectificat plană, în vederea obținerii unui întrefier cât se poate de mic, bine determinat şi stabil.

După asamblare, circuitelor magnetice li se aplică un tratament termic de recoacere, fiind încălzite la 680 °C timp de patru ore, după care urmează o răcire lentă.

5.6.4. Procesul tehnologic de fabricație a miezurilor magnetice spiralizate

Dată fiind anizotropia foarte pronunțată după direcția laminării şi după o direcție perpendiculară, la tolele laminate la rece s-a impus execuția miezurilor magnetice înfăşurate în formă spirală. Aceste miezuri sunt întrebuințate în special la transformatoarele de măsură şi bobinele de şoc, de dimensiuni mai mici. În miezurile magnetice spiralizate, fluxul magnetic este dirijat numai în direcția laminării. Formele constructive pot fi: toroidală inelară (figura 5.17.a), ovală dreptunghiulară (figura 5.17.b), manta (figura 5.17.c) sau împachetate pentru a forma un miez în manta (fig. 5.17.d). Miezurile spiralizate divizate se pot uşor asambla cu bobinele, pe când cele nedivizate necesită realizarea bobinării toroidale a conductoarelor pe miez.

Miezurile magnetice spiralizate, utilizate la construcția transformatoarelor de curent şi tensiune folosite în schemele de protecție, sunt superioare şi din punct de vedere tehnologic față de miezurile împachetate, deoarece operațiile laborioase de ştanțare şi împachetate sunt înlocuite cu o operație foarte simplă, de înfăşurare a benzilor. Procedeul tehnologic permite în acelaşi timp o execuție practic fără deşeuri şi este uşor de mecanizat şi automatizat.

Principalele operații ale procesului tehnologic de execuție a diferitelor tipuri de miezuri magnetice spiralizate sunt: curățirea prealabilă a benzii, aplicarea izolația, înfăşurarea miezului şi tratamentul termic.

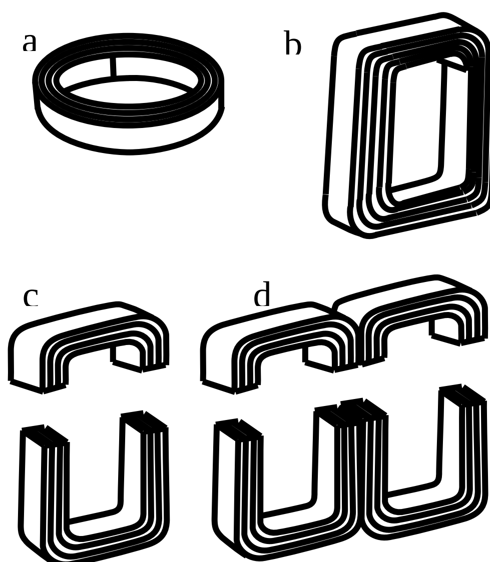


Figura 5.17. Miezuri magnetice spiralizate: a – inelare; b – dreptunghiulare; c – dreptunghiulare divizate; d – dreptunghiulare, divizate, împerechiate.

Miezurile magnetice divizate se pot realiza în mai multe variante, ce cuprind următoarele operații: tăierea în două, urmată de tratamentul termic, sau tratamentul termic urmat de tăierea anodo-mecanică, cu debitarea în benzi, împachetarea, îndoirea semimeizurilor, frezarea capetelor de contact şi tratamentul termic. După aplicarea unei a din aceste variante urmează operațiile de impregnare, uscare şi rectificare a capetelor de contact.

În unele situații se realizează înfăşurarea benzii pe bobina gata confecționată, operație ce se execută pe maşini speciale.

5.6.5. Procesul tehnologic al miezurilor magnetice obținute prin presare

Aceste miezuri se pot realiza sub formă de:

– **ferite moi**, materiale magnetoceramice, prelucrate la forma dorită prin sinterizare. În această categorie intră feritele de nichel-zinc (niferit) şi mangan-zinc (niferit) şi mangan-zinc (niferit), din care se execută miezuri de diferite forme I, L, U, E, precum şi de forme mai complicate;

– **ferite dure**, dintre care cele mai răspândite sunt feritele de bariu, utilizate ca atare sau asociate cu magneți permanenți;

– **materiale mangnetoelectrice**.

Miezurile magnetice sinterizate din pulberi prezintă față de cele împachetate avantajul simplității tehnologice.

Principalele operații ale procesului tehnologic de confecționare a miezurilor magnetice din materiale metalo-ceramice presate din pulberi sunt:

a) Producerea pulberilor (prin procedee mecanice, fizice, chimice, electrolitice).

Pulberea de fier se obține pe cale electrolitică în următoarele condiții:

– electrolitul conține 120-140 g/l $FeSO_4$, 40-50 g/l NaCl şi 0,2-0,28 g/l H_2SO_4,
– densitatea de curent: 4...5 A/dm^2; tensiunea: 4,5...4,7 V;
– temperatura: 40-54 °C.

Stratul depus în grosime de 1,5...2 mm se îndepărtează de pe catozi, se spală şi se macină în mori cu bile. Pulberea rezultată este dură, fragilă şi oxidată, necesitând un tratament de recoacere într-un mediu reducător.

b) Dozarea amestecului de pulberi în proporția necesară (volumetric, gravimetric sau prin reglarea timpului de umplere).

c) Presinterizarea amestecului, adică formarea soluțiilor solide şi a reacției între oxizi. Operația de presinterizare se execută în cuptoare, la temperaturi între 900 şi 1000 °C;

d) Formarea miezurilor, prin presarea în matriță. Se pot astfel realiza forme de circuite magnetice din cele mai diferite;

e) Sinterizarea, ce are loc la temperaturi cuprinse între 1050 şi 1320 °C;

f) Rectificarea pieselor sinterizate;

g) Asamblarea circuitelor magnetice ale miezurilor sinterizate.

Miezurile magnetodielectrice se obțin de cele mai multe ori din pulbere de fier carbonil sau alsifier, în cazul miezurilor magnetice moi, respectiv din aliaje cu forță coercitivă mare de tipul: alni, alnico, alnisi, în cazul miezurilor magnetice dure.

Tehnologia comportă următoarele operații principale: prepararea amestecului de pulbere, formarea miezului, tratament termic şi impregnare.

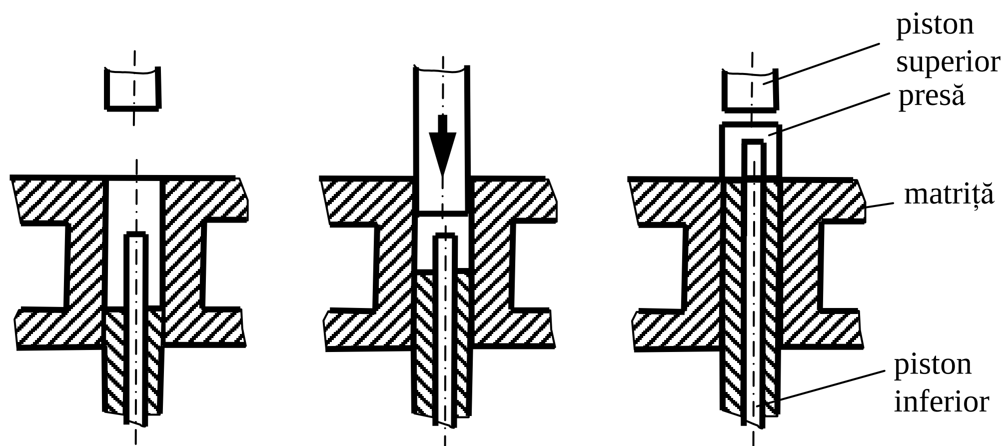


Figura 5.18. Fazele formării miezurilor din pulberi în matrițe, prin presarea bilaterală.

La prepararea mesei are loc înglobarea grăunțelor magnetice cu un liant dielectric sau organic, termoreactiv, cum ar fi lacul de bachelită, sau termoplastic, cum ar fi polistirenul.

Formarea miezurilor se face prin presare. Pentru a se asigura o densitate uniformă în direcția presării, construcția sculei trebuie să permită presarea simultană, bilaterală, a miezului (figura 5.18). Aceasta se realizează cu prese de construcție specială.

Tratamentul termic urmăreşte, după caz, polimerizarea liantului, stabilizarea proprietăților electromagnetice şi înlăturarea efectelor ecruisării materialului în urma presării.

5.7. Tehnologia de fabricație a rezistențelor electrice de putere

La alegerea materialelor pentru realizarea rezistențelor electrice de putere, sub formă de rezistoare şi reostate (rezistoare reglabile) trebuiesc avute în vedere atât proprietățile electrice, cât şi cele mecanice, precum şi modificarea acestora sub acțiunea încălzirii. De aceea, pentru alegerea materialelor trebuiesc avut în vedere următoarele:

– regimul de funcționare al rezistenței (de durată, intermitent etc.);
– modificarea rezistivității cu temperatura şi valoarea temperaturii limită;
– stabilitatea la coroziune;
– prețul şi modul de prelucrare a materialului.

Materialele utilizate pentru rezistențe sunt metale, aliajele lor, cărbunele şi anumite metale lichide. În aparatajul de joasă tensiune se foloseşte mai puțin oțelul, fierul aliat cu siliciu, aliajele de Cu-Ni, cu sau fără mangan şi zinc. Proprietățile cele mai importante ale aliajelor utilizate la construcția rezistențelor electrice sunt rezistivitatea electrică, cuprinsă între 0,2 până la $1,5 \cdot 10^{-6}\ \lambda \cdot m$ şi coeficienții de variație a acesteia cu temperatura.

Principalele elemente componente ale aliajelor utilizate dunt: cromul, nichelul, fierul, manganul, siliciul, cuprul, zincul, aluminiul şi cobaltul. În tabelul 5.15. sunt prezentate principalele proprietăți electrice, utilizate în echipamentele de joasă tensiune.

Fierul nealiat se foloseşte în exclusivitate sub formă de sârmă. Pentru a micşora pericolul de coroziune este supus zincării. Rezistivitatea ($\rho = 0,13 \cdot 10^{-6}\ \lambda \cdot m$) este foarte mică şi coeficientul de variație a rezistenței cu temperatura ($\alpha = 0,0046$ 1/°C) este foarte mare. Datorită numai acestor factori, rezistențele din sârmă ar fi la pornirea motoarelor electrice, unde procesul are loc în maxim 20 secunde şi dezavantaje prezentate nu se manifestă într-un timp atât de scurt.

Fierul aliat cu siliciu are proprietăți mai bune anticorozive, cu atât mai mult cu cât conținutul de siliciul este mai mare. Rezistivitatea electrică şi coeficientul de variație al rezistenței cu temperatura sunt influențate în sens pozitiv.

Din acest material se realizează rezistențe în formă de pachete de tole, utilizate atât în regimul de scurtă durată (pornirea motoarelor) cât şi în regim intermitent.

Tabelul 5.15. Aliaje pentru fabricație rezistoarelor electrice

Material	Părți componente ale aliajelor									Rezistivitate ρ $[\Omega \cdot m \cdot 10^{-8}]$	Coeficientul de temperatură α $[1/°C \cdot 10^{-5}]$	Coeficient de dilatare liniară α_d $[1/°C \cdot 10^{-7}]$	Căldura specifică C [cal /°C ·10]	Temperatura limită θ_1 [°C]	Temperatura θ_t [°C]
	Fe %	Ni %	Cu %	Cr %	Zn %	Al %	Mn %	Si %	Co %						
Fier	100	–	–	–	–	–	–	–	–	13	460	120	110	400	1200
Fier aliat	97	–	–	–	–	–	0,3	2	–	35	150	–	–	–	–
Nichelină	–	22	58	–	20	–	–	–	–	36	300	170	–	–	–
Manganină	–	2	86	–	–	–	12	–	–	43	3	–	–	300	960
Nichelină	–	26	54	–	20	–	–	–	–	43	20	160	95	300	1145
Constantan	–	45	54	–	–	–	1	–	–	50	2	155	38	400	1275
Fontă turnată	100	–	–	–	–	–	–	–	–	80	100	–	–	–	–
Crom-nichel	20	63	–	15	–	–	2	–	–	112	25	140	110	1050	1390
Crom-nichel fără fier	–	78	–	20	–	–	2	–	–	110	25	140	110	1100	1335
Kanthal	72	–	–	20	–	5	–	–	3	145	600	220	120	1300	1500

Fonta turnată a găsit o largă utilizată la construcția de rezistențe electrice. Ea poate fi aliată cu siliciu şi carbon, având rezistivitatea $\rho = 0{,}8 \cdot 10^{-6}\ \Omega \cdot m$ şi coeficientul de variație al rezistenței cu temperatura $\alpha = 0{,}001$ 1/°C.

Nichelina este un aliaj de cupru-nichel, cu un procent ridicat de zinc. Rezistivitatea este cuprinsă între (0,36-043) $10^{-6}\ \Omega \cdot m$, iar coeficienții de variație a rezistenței cu temperatura sunt cuprinşi între 0,0003-0,0002 1/°C, având totuşi o valoare relativ mare, astfel încât se poate utiliza în aplicațiile unde variația rezistenței cu temperatura nu are un rol deosebit.

Deoarece temperatura limită este de 300 °C, rezistențele din nichelină se folosesc ca rezistențe de pornire şi mai rar ca rezistențe de reglare şi de sarcină parcurse de curenții nominali. Se recomandă ca sârmele de nichelină să nu aibă diametrul mai mic de 1,6 mm, datorită valorilor relativ ridicate ale căldurii specifice.

Manganina, un aliaj de cupru, nichel şi mangan, are proprietăți superioare atât în privința rezistivității, cât şi a valorii coeficienților de variație a rezistenței cu temperatura, având însă aceeaşi temperatură limită.

Constantanul, aliaj de cupru-nichel, cu procent redus de mangan, este materialul cel mai folosit în construcția rezistențelor electrice din aparatajul electric de joasă tensiune. Rezistivitatea ($\rho = 0{,}5 \cdot 10^{-6}\ \Omega \cdot m$) este suficientă pentru majoritatea regimurilor de funcționare, iar valoarea foarte mică a lui $\alpha = 0{,}00002$ 1/°C determină o rezistență practic limită cu valori acceptabile. Sârmele din constantan pot fi realizate cu diametre foarte mici, chiar sub 0,1 mm. Utilizarea acestui material este indicată la construcția rezistențelor de reglare şi comandă de toate tipurile.

Cromnichel, este un aliaj de nichel, crom şi mangan, cu sau fără fier. Având rezistivitate mare, dar coeficienți de variație a rezistenței cu temperatura considerabil mai mari ca la constantan, este recomandat ca material pentru rezistențele de încălzire. Se poate realiza din sârme cu diametrul de 0,1 mm şi chiar mai mici. Cromnichelul, aliat cu fie, se utilizează în construcția rezistențelor de reglare, acolo unde variația rezistenței cu temperatura nu are importanță deosebită.

Kanthalul, este un aliaj recomandat în special ca rezistență de încălzire, având o temperatură limită foarte mare (1300 °C) şi o rezistivitate ridicată ($\rho = 1{,}45 \cdot 10^{-6}\ \Omega \cdot m$). Acest material este un aliaj de crom cu fier, cu adaosuri de aluminiu şi cobalt.

Dilatarea materialelor poate conduce la o slăbire a strângerii înfăşurării pe carcasele de porțelan, de aceea se recomandă materiale cu coeficienți de dilatare mici. În general, dilatarea nu este atât de importantă ca să influențeze alegerea materialului.

Tehnologia fabricării elementelor de rezistor sub formă de fire sau benzi se realizează cu sau fără carcasă (figura 5.19).

Procesul tehnologic de confecționare a elementelor de **rezistor fără carcasă** din sârmă şi benzi, cu forma cilindrică a spirei (figura 5.19.a) comportă, în principal, operația de înfăşurare a spirei, care se realizează pe dispozitive cu mişcare de rotație, în jurul unui mosor sau suport. Pentru formarea spirelor pe suport trebuie ca în prealabil să se realizeze întinderea sârmei sau benzii cu ajutorul unor instalații folosite la maşinile de bobinat. Spirele se înfăşoară strâns una de alta, astfel încât să se asigure rigiditatea necesară construcției. În cazul producției de serie, în procesul de înfăşurare trebuie să se efectueze măsurarea rezistenței părții înfăşurate a spiralei şi tăierea în porțiuni corespunzătoare. Aceasta deoarece spirele, chiar în lungimi egale, pot avea rezistențe electrice diferite.

Elementele de rezistor din sârme şi benzi se pot realiza şi în formă de zig-zag.

Procesul tehnologic se compune din două operații: îndoirea părții în zigzag a rezistorului şi formarea elementelor pentru asamblarea rezistorului. Îndoirea părții în

zigzag se realizează cu ajutorul unui mecanism oscilator, montat pe maşini unelte de construcţii diferite.

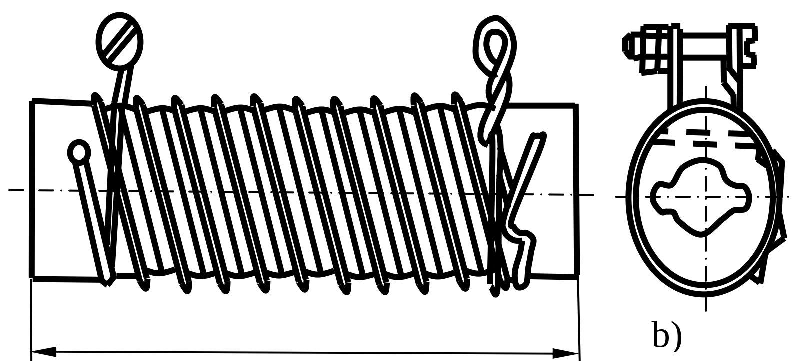


Figura 5.19. Elemente de rezistor: a) fără carcasă; b) cu carcasă.

Operația de formare a elementelor, în funcţie de tipul de rezistor, se realizează în procesul de asamblare, asigurându-se concomitent fixarea şi rigidizarea elementelor de carcasă. Elementele de rezistor din sârmă sau benzi pot fi înfăşurate pe **carcase rigide, cu sau fără canale** (figura 5.19.b). Se foloseşte sârmă recoaptă (moale), pentru a micşora presiunea pe carcasă. Carcasele de porțelan preiau rapid o parte din căldura dezvoltată de rezistor, ceea ce le recomandă pentru sarcini mai mari. Dacă sârma sau banda de rezistor este neizolată, trebuie luate măsuri să nu se producă atingeri între spire, indicându-se în acest caz utilizarea unor cilindri canelați elicoidal. La folosirea unor cilindri de porțelan fără canale se utilizează sârmă izolată cu lac. În acest caz, proprietăţile de răcire ale rezistorului sunt mai bune, acest tip de carcasă impunându-se în ultimul timp.

Operațiile procesului tehnologic de realizare a acestor tipuri de rezistoare sunt următoarele: înfăşurarea sârmei sau a benzii, fixarea capetelor spiralei de carcasă, fixarea clemelor de contact şi acoperirea cu email a carcaselor de porțelan bobinate.

Astfel, la producţia de serie mică se utilizează dispozitive cu învârtirea manuală, iar la producţia de serie mare se utilizează maşini de bobinat cilindric, obişnuite sau speciale. Fixarea capetelor spiralei se face în orificiile carcaselor, iar fixarea clemelor de contact la capetele de ieşire din rezistor se realizează prin lipire, cu aliaj tare de lipit, de un cablu flexibil răsucit, care se leagă la borna de racordare a rezistorului, sau cu ajutorul unui colier dintr-un material cu rezistenţă ohmică mică, care permite şi o uşoară modificare a valorii rezistenţei, prin mutarea colierelor de contact în lungul rezistorului.

Alte metode de realizare a legăturilor terminale ale rezistoarelor, utilizate, pot fi: formarea ochiurilor de contact terminale şi intermediare din materialul care se înfăşoară, în timpul procesului de înfăşurare, pe o instalație specializată; fixarea unor papuci de contact ştanțați, în cazul rezistoarelor cu sârmă de diametru mai mare sau sub formă de bandă lată.

Elementele de rezistor bobinate, după fixarea capetelor şi a clemelor de contact, se acoperă cu email vitros, pentru a împiedica deplasarea spirelor, a proteja rezistorul de deteriorări mecanice sau scurtcircuitate între spire. Emailul, cât şi a izolatoarelor ceramice formează un strat termostabil şi rezistent din punct de vedere mecanic.

Elementele de rezistor **din fontă turnată**, sunt recomandate în special la funcționarea în regim de şocuri de curent, caracteristic la pornirea motoarelor electrice. Ele pot prelua sarcini mari, un timp scurt, dar se răcesc încet. Deoarece coeficientul de variație al rezistenței cu temperatura este mai mare, rezistoarele din fontă turnată se folosesc numai acolo unde creşterea rezistenței datorită încălzirii nu prezintă o importanță deosebită.

Procesul tehnologic de confecționare al elementelor din fontă în turnarea şi prelucrarea locurilor de prindere, care formează suprafețele de contact şi în acelaşi timp servesc pentru fixarea elementelor în aparat.

Turnarea acestor elemente ridică o serie de probleme legate atât de costul ridicat, cât şi de faptul că rezistența electrică a fiecărui element trebuie să fie menținută în limitele prescrise. Acest din urmă factor este determinat în primul rând de compoziția aliajului, cât şi de dimensiunile geometrice ale părții conducătoare de curent. Modificarea compoziției la diverse şarje sau o formare necorespunzătoare conduc la rebuturi.

Pentru a se obține o bună umplere a formelor şi o rezistență mecanică, turnarea se face cu aliaj supraîncălzit, la temperaturi cuprinse între 1450-1460 °C, imediat după topirea acestuia. În unele cazuri, pentru micşorarea procentului de rebuturi, după topirea fontei în cubilou, acesta se încălzeşte în cuptorul electric şi apoi se toarnă în forme.

După turnare, se procedează la o sablare a elementelor de rezistor, pentru a se asigura curățirea de nisipul rămas de la formare, dacă turnarea s-a făcut în forme temporare. Urmează apoi operația de şlefuire a suprafețelor de contact, ce se poate face pe maşini de şlefuit plane, obişnuite.

Deoarece în acest caz şlefuirea celor două suprafețe s-ar face pe rând, pentru mărirea productivității se preferă utilizarea unor maşini speciale, care să efectueze concomitent operația de şlefuire pe ambele părți, trebuind să se asigure paralelismul suprafețelor porțiunii de contact a elementului, pentru a nu se ajunge la o solicitare nedorită a prezoanelor de strângere a elementelor de rezistor.

Eleemntele de rezistor ştanțate, se obțin în general printr-un proces tehnologic relativ simplu şi ieftin, constând în tăierea tablei în benzi şi apoi realizarea conturului prin ştanțare.

Pentru mărirea rigidității mecanice a elementului de rezistor ştanțat, acesta se nervurează prin presare, de exemplu, cu o presă cu excentric cu simplu efect, cu forța de apăsare funcție de grosimea tablei şi de adâncimea şi numărul nervurilor practicate simultan.

În funcție de tipul constructiv al elementelor de rezistor ştanțate, pot fi nece-sare operații de decupare capete, de îndoire urechi, de înseriere sau de tăiere margini. Oricare ar fi forma constructivă, trebuie să urmeze o operație de debavurare, realizată obişnuit prin polizare. Pentru protejarea suprafețelor, elementele de rezistor ştanțate se supun unor operații de vopsire electroforetică şi/sau electrostatică, cu grunduri şi emailuri siliconice, după ce în prealabil au fost degresate, fosfatate, cromate. Între operațiile de realizare a protecției anticorozive se vor prevedea spălări şi uscări succesive.

5.7.1. Tehnologia de fabricație a elementelor de rezistență neliniară pentru descărcătoare

Procesul tehnologic de obținere a rezistențelor neliniare cuprinde fazele:

– prepararea masei grnaulare, formată din carborund electrotehnic (75%), cretă grafit şi silicat de sodiu, care este supus operațiilor de măcinare, sortare în site mecanice cu ochiuri calibrate, deferizate cu ajutorul unui separator magnetic, curățire chimică cu acizi, spălare cu apă, deshidratare în cuptoare cu lămpi infraroşii (150 °C).

– presarea amestecului în matrițe, cu presiune de ordinul $8 \cdot 10^7$ N/m^2. Se obțin discuri sau segmente inelare care se usucă o oră în cuptoare la 120 °C. Răcirea se face lent;

– chituirea suprafețelor laterale a discurilor cu silicat de sodiu lichid în amestec cu cretă şi talc granular;

– arderea elementelor în cuptoare până la 360 °C, 8-10 ore, cu creşterea lentă a temperaturii;

– metalizarea suprafețelor de contact prin şupinizare (împroşcare cu metal lichid, Al sau Zn);

– stabilizarea neliniarității discului.

Operația de stabilizare (formare sau îmbătrânire) a neliniarității asigură menți-nerea constantă a caracteristicii u =f(i).

Stabilizarea se obține prin aplicarea asupra discului a unor impulsuri de curent de 10/20 μs, cu amplitudinea 510 kA.

Pentru ridicarea caracteristicii u =f(i) se aplică două impulsuri de curent i_1 =3 kA şi i_2 =50 A. Se măsoară tensiunile reziduale corespunzătoare U_{50} şi U_{3000} cu oscilograful catodic. Din relațiile:

$$U_{50} = i_2^{\alpha} \cdot c \ , \qquad U_{3000} = i_1^{\alpha} \cdot c \qquad (5.1.)$$

se determină coeficientul de neliniaritate α şi de material c, care se înscriu pe fiecare disc, fiind necesare la sortarea şi gruparea lor la montaj.

Rezistențele neliniare de şuntare se realizează prin aceeaşi tehnologie ca mai sus, dar utilizând carborund cu o granulație mult mai fină şi ca liant – schelak natura; presarea se realizează în matrițe speciale care să le asigure forma de sector circular.

Capetele se metalizează, restul acoperindu-se cu hârtie electroizolantă. Stabilizarea se realizează prin aplicarea unor tensiuni alternative de 3...5 kV, cu o durată prelungită.

5.7.2. Tehnologia de asamblare a rezistențelor

Din punct de vedere constructiv, rezistențele reprezintă un ansamblu de elemente de rezistor, conectate conform unei scheme electrice şi consolidate prin relee sau carcase.

Carcasele asigură protecția împotriva stingerilor, loviturilor mecanice, umidității şi evacuarea căldurii, conform unui grad de protecție adaptat.

Rezistențele astfel asamblate sunt folosite la pornirea, reglarea turației şi frânarea motoarelor electrice, la limitarea supratensiunilor etc.

Reostatele sunt rezistoare cu rezistență reglabilă manual sau automat. Reostatele metalice cu variația în trepte a rezistenței se compun dintr-un ansamblu de elemente de rezistor şi un dispozitiv de comutație ce poate fi plan, cilindric şi tobă.

Cele trei tipuri de comutatoare se utilizează în reostatele metalice răcite în aer sau ulei. Reostatele metalice cu variație continuă a rezistenței se compun din elemente de rezistor din sârmă înfăşurată într-un singur strat pe o carcasă izolantă (porțelan, steatit), iar pe suprafața bobinată alunecă un contact mobil. Pentru a evita scurtcircuitarea spirelor, acestea se izolează între ele prin lăcuire sau oxidare, sau prin prevederea unei distanțe de izolare corespunzătoare, iar pe porțiunea de contact, firul rezistiv este dezizolat.

5.8. Tehnologia de fabricație a elementelor termoreglabile

Bimetalul este un dispozitiv de protecție la supratensiuni, bazat pe controlul direct al temperaturii, prin transformarea unei variații de temperatură, prescrisă, într-o mişcare datorată deformării mecanice.

Acest dispozitiv este utilizat în construcția întrerupătoarelor automate la protecția motoarelor electrice, transformatoarelor în construcția releelor de timp, termometrelor, înregistratoarelor, compensatoarelor de temperatură etc.

Când bimetalul este deformat sub acțiunea temperaturii mediului în care se găseşte este de tip termostat, iar când este încălzit prin intermediul curentului electric este de tip electrotermic.

Întrucât bimetalul este constituit din două materiale, unul „activ“ şi celălalt „pasiv“ cu coeficienți de distilare diferiți, criteriile de alegere a **materialelor componente** sunt:

– materiale pentru componente active trebuie să aibă un coeficient de dilatare mare ($\alpha \geq 5 \cdot 10^{-6}$ 1/°C) pentru un domeniu larg de temperaturi, iar cele pentru componentele pasive trebuie să aibă un coeficient de dilatare mic;

– componentele bimetalului trebuie să se poată suda bine împreună, trebuie să aibă un punct de topire ridicat (θ_f =1000 °C), un modul de elasticitate mare (100 kN/mm^2) şi aproximativ independent de temperatură;

– rezistență mecanică mare.

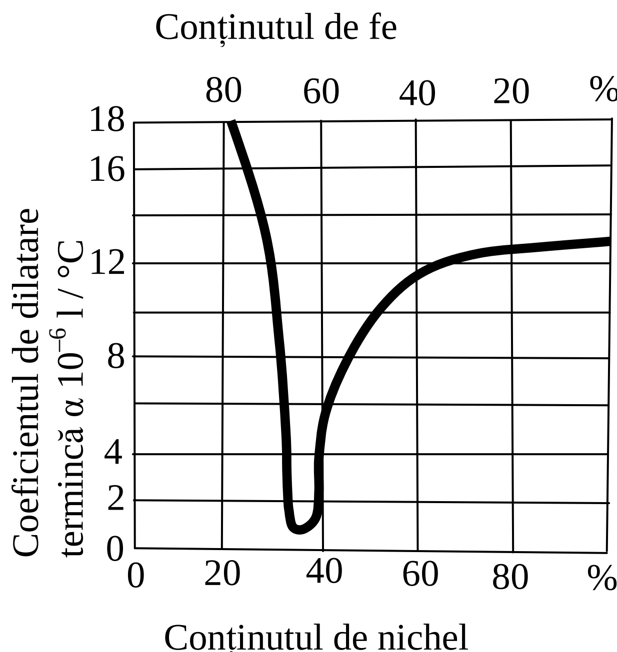


Figura 5.20. Curba de variație a coeficienților de dilatare termică pentru aliajele de Fe-Ni.

Alegerea materialelor depinde de valoarea temperaturii de utilizare, de condițiile de mediu şi modul de încălzire. Materialele bimetalului încălzit direct prin trecerea curentului electric trebuie să aibă rezistivitate cât mai mare; pentru valori mari ale curentului sunt necesare materiale cu rezistență electrică mică.

În concordanță cu cele menționate cele mai frecvente materiale sunt aliajele de Fe-Ni. Se constată că aliajul cu 20% nichel, are coeficientul de dilatare cel mai mare, (~$18 \cdot 10^{-6}$ 1/°C), iar aliajul cu 36% nichel (denumit **invar**) are coeficientul de dilatare cel mai mic (~$1{,}2 \cdot 10^{-6}$ 1/°C). În aceste condiții, invarul este cel mai utilizat material pentru componenta pasivă. Aliajele de fier-nichel, cu 42% şi 48% nichel, cu coeficienți de dilatare mari şi aproximativ independenți cu temperatura, de aceea se recomandă pentru componenta activă.

Aliajele cuprului (monelul – 65% Ni 35% Cu; alama 63% Cu, 37% Zn) şi constantanul (45% Ni, 55% Cu) se folosesc de asemenea pentru componentele pasive.

Aceste aliaje au dezavantajul că se sudează greu, au punct de topire scăzut şi modul de elasticitate diferit de cel al componentei active. De aceea se înlocuiesc cu aliaje F-Ni cu un conținut de 20-25% Ni.

Există trei procedee de obținere a plăcilor bimetalice: presarea, sudarea şi nituirea.

Referitor la presare, aliajele celor două componente se topesc separat în cuptoarele electrice de înaltă frecvență, obținându-se bare sau prisme de 25-30 mm grosime; urmează operația de galvanizare cu un strat subțire de Fe, operație necesară pentru o mai bună coeziune a straturilor în operațiile tehnologice următoare.

Componentele astfel obținute se încălzesc la 1200 °C după care se presează cu presiune ridicată la o presă hidraulică. Tabla bimetalică astfel obținută este laminată la cald până la 3-7 mm, urmată de laminarea la rece, până la grosimea de livrare.

În cazul procedeului de nituire, după nituirea componentelor, urmează încălzirea acestora într-o atmosferă de gaze inerte şi apoi laminarea la rece până la grosimea de livrare.

Operația de sudură se realizează pe componenta pasivă. Părțile componente se degresează bine, pentru ca al sudura prin puncte să se obțină un contact bun cu electrozii de contact.

Pentru o bună sudură se mai recomandă ca elementele bimetalului să fie acoperite cu un strat subțire de zinc sau alamă. Cele două componente vor avea aceeaşi lungime şi modul de elasticitate apropiate ca valoare.

Întrucât la majoritatea bimetalelor partea activă nu se poate deosebi de cea pasivă din punct de vedere al aspectului, se procedează la însemnarea părții active prin inscripționarea valorii săgeții specifice Ko [1/°C] şi a rezistenței specifice [$\lambda \cdot mm^2/m$].

Ko – săgeata specifică – încovoierea termică specifică a unei benzi cu o lungime de 100 mm şi grosimea de 1 mm, la o variație cu un grad a temperaturii.

La bimetalele cu o grosime de cel puțin 0,6 mm marcarea se face prin vopsire sau atacare cu acizi.

Ținând seama de faptul că bimetalul este alcătuit din două aliaje cu durități diferite, este recomandabil ca la ştanțare să se obțină bavuri, în care scop dispozitivele de tăiere trebuie să fie bine ascuțite şi astfel dispuse încât contactul acestora să se facă întâi cu componenta mai dură. Presiunea necesară pentru ştanțare este de 600 N/mm^2.

Ştanțarea se face în direcția laminării pentru a se obține valorile maxime pentru săgeată şi solicitările maxime admisibile la încovoiere. În cazul ştanțării pe o direcție perpendiculară (din motive economice) se ia în considerație o scădere de 1-2% pentru valoarea săgeții şi 10% pentru solicitarea maximă admisibilă la încovoiere. Se va evita ştanțarea pieselor cu unghiuri ascuțite sau cu raze mici de curbură, deoarece în aceste locuri la scurtcircuit se produce o supraîncălzire prin creşterea densității de curent şi deci pierderea proprietăților bimetalului.

Elementele de bimetal spiralizate se realizează prin înfăşurare fără dispozitiv, la valori mici ale dimensiunilor benzii şi cu o rigiditatea corespunzătoare a materialului şi prin înfăşurare pe şablon, la dimensiuni mari ale benzii, pentru a asigura o repartiție uniformă a spirelor. Înfăşurarea bimetalelor cu distanțe mici între spire se va executa cu componenta activă spre exterior.

În domeniul temperaturilor de utilizare scăzute se recomandă acoperirea cu material sintetic, iar la temperaturi ridicate – acoperirea galvanică cum ar fi: zincarea sau cadmierea (pentru medii umede). Se mai recomandă cromarea şi mai rar nichelarea (stratul de nichel este uşor de avariat, deci pericol de corodare). Acoperirile galvanice nu influențează calitatea bimetalului.

Tensiunile interne care apar în piesele bimetalice în urma prelucrărilor mecanice duc la modificări remanente ale formei în timpul exploatării, fapt ce impune **tratamentul termic de recoacere**. În acest scop piesele se încălzesc în cuptoare cu circulație continuă de gaz inert, la o temperatură cu 50 °C mai ridicată decât cea mai mare temperatură de utilizare. Creşterea temperaturii se face progresiv cu menținerea timp de 2 ore la această temperatură. Urmează o răcire lentă, în afara cuptorului, într-un lipsit de aer.

Pentru bimetalele utilizate în construcția aparatelor de măsurat sau în elementele fotosensibile şi de precizie ridicată se recomandă repetarea tratamentului.

În cazul bimetalelor utilizate în medii cu o temperatură sub °C, recoacerea va cuprinde o răcire sub temperatura din exploatare.

Bimetale sub formă de rondele se supun unui tratament de îmbătrânire prin arcuiri repetate la temperatura de utilizare.

Bimetalele încălzite direct se supun unui tratament de recoacere după operația de montaj, în ansamblul general, după care se aplică, o scurtă perioadă de timp, un curent de o valoare multiplă celui nominal. De obicei temperatura de detensionare este recomandată de furnizor. Bimetalul trebuie să atingă temperatura de detensionare în câteva secunde, după care se întrerupe curentul. Răcirea se face lent, la temperatura ambiantă. Procedeul se repetă de 3-4 ori, eliminându-se astfel şi tensiunile interne produse la operațiile de montaj.

Datele nominale ale bimetalului sunt: săgeata specifică, temperatura de regim, temperatura limită de utilizare, modulul de elasticitate, duritatea.

Verificarea săgeții specifice – se realizează pe o epruvetă cu lungimea de 100 mm, lățimea de 1/10 din lungimea la bimetalele cu grosimea de g >0,5 mm, lungimea va fi 50 mm. Raportul 1/10 este ales pentru a elimina efectul încovoierii transversale ce ar putea avea loc simultan cu încovoierea longitudinală.

Se măsoară săgeata f_0 la temperatura ambiantă T_0 şi săgeata f_1 la temperatura T_1 prescrisă de normele de încercare.

Se determină săgeata specifică:

$$K_0 = \frac{g(f_1 - f_0)}{(T_1 - T_0)l^2} \cdot 10^4 \; [1/°C] \qquad (5.2.)$$

Pentru o încălzire uniformă a bimetalului se foloseşte o baie de ulei. Rezistența specifică se măsoară prin metoda voltmetrică, iar măsurarea modului de elasticitate se realizează prin determinarea săgeții sub acțiunea unei forțe exterioare cunoscute.

Verificarea sudurii celor două straturi constă în prinderea bimetalului în menghină şi îndoirea acestuia în ambele părți până la rupere. În secțiunea ruptă nu trebuie să se observe o desprindere a componentelor.

Încercările de recepție a materialelor bimetalice cuprind:

– recepționarea exterioară şi verificarea dimensiunilor;
– verificarea marcajului;
– verificarea sudurii;
– verificarea prin sondaj a încovoierii specifice.

Pe baza noțiunilor tehnice prezentate în capitolul „Tehnologia echipamentelor electrice” şi pentru a verifica temeinicia cunoştiințelor studiate vă rog să răspundeți la următoarele întrebări:

1. Ce metode de modernizare a proceselor tehnologice de fabricare a echipamentelor electrice cunoaşteți?
2. Ce metode de fabricare a contactelor electrice cunoaşteți?
3. Ce variante constructive a contactelor electrice de joasă tensiune cunoaşteți?
4. Care sunt etapele procesului de fabricare a contactelor tip nit cu capete refulate?
5. Care sunt etapele procesului de fabricare a contactelor tip şurub cu cap refulat?
6. Care sunt etapele procesului de fabricare a contactelor tip şurub strunjit?
7. Care sunt etapele procesului de fabricare a contactelor lamelare elastice?
8. Care sunt etapele procesului de fabricare a contactelor cu aplicații de argint?
9. Care sunt etapele procesului de fabricare a contactelor sinterizate?
10. Care sunt etapele procesului de fabricare a contactelor placate?
11. Care sunt etapele procesului de fabricare a contactelor turnate?
12. Ce înțelegeți prin tehnologia de sinterizare?
13. Ce tripuri de procese tehnologice de sinterizare cunoaşteți?
14. Ce condiții tehnice se impun contactelor electrice de joasă tensiune?
15. Cum se execută îmbinările barelor de curent?
16. În ce constă îmbinarea prin sertizare?
17. Ce rol au legăturile flexibile a echipamentelor electrice?
18. Ce materiale se folosesc la realizarea legăturilor flexibile?
19. Ce variante constructive ale bobinelor de curent (serie) cunoaşteți?
20. Care sunt etapele procesului tehnologic de fabricare ale bobinelor de curent?

21. Ce variante constructive ale bobinelor derivație cunoaşteți?
22. Care sunt etapele procesului tehnologic de fabricare ale bobinelor derivație?
23. Ce materiale se utilizează la izolarea bobinelor electrice?
24. Ce variante constructive de carcase pentru bobine cunoaşteți?
25. Ce metode de fabricare a carcaselor bobinelor electrice cunoaşteți?
26. Ce materiale se utilizează la fabricarea carcaselor bobinelor electrice?
27. Ce tipuri de lacuri electroizolante cunoaşteți?
28. Care sunt caracteristicile tehnice ale lacurilor electroizolante?
29. Ce conține fişa de bobinaj?
30. Care sunt etapele procesului tehnologic de fabricare a bobinelor cu carcase?
31. Care sunt etapele procesului tehnologic de fabricare a bobinelor fără carcase?
32. Care sunt etapele procesului tehnologic de fabricare a bobinelor toroidale?
33. Ce maşini de bobinaj cunoaşteți?
34. Ce materiale de izolare se utilizează la fabricarea bobinelor electrice?
35. Ce rol are impregnarea bobinelor?
36. Ce rol are stratul termoaderent a conductoarelor de bobinaj?
37. Ce metode de impregnare a bobinelor cunoaşteți?
38. Care sunt etapele CTC a procesului tehnologic de fabricare a bobinelor?
39. Ce factori influențează calitatea procesului tehnologic de impregnare?
40. Ce materiale se folosesc la realizarea miezurilor magnetice de c.c.?
41. Ce etape are procesul tehnologic de realizare a miezurilor magnetice de c.c.?
42. Ce materiale se folosesc la realizarea miezurilor magnetice de c.a.?
43. Ce etape are procesul tehnologic de realizare a miezurilor magnetice de c.a.?
44. Ce rol are tratamentul termic de recoacere a miezurilor magnetice?
45. Care sunt etapele procesului tehnologic de recoacere?
46. Ce etape are procesul tehnologic de ştanțare a tolelor miezurilor magnetice?
47. Care sunt etapele procesului de fabricare a miezurilor magnetice împachetate?
48. Care sunt etapele procesului de asamblare a miezurilor magnetice împachetate?
49. Ce metode de fixare a spirei în scurtcircuit cunoaşteți?
50. Ce etape are procesul tehnologic de fabricare a miezurilor magnetice presate?
51. Ce criterii stau la baza alegerii materialelor pentru rezistoarele de putere?
52. Ce materiale se utilizează la fabricarea rezistoarele de putere?
53. Care sunt etapele procesului de asamblare a rezistoarelor de putere?
54. Care sunt etapele procesului tehnologic de fabricare a rezistoarelor de putere?
55. Ce materiale se folosesc la fabricarea rezistoarele neliniare ale descărcătoarelor?
56. Ce caracteristici tehnice stau la baza alegerii materialelor elementelor termoreglabile?
57. Ce materiale se utilizează la fabricarea elementelor termoreglabile?
58. Ce metode de obținere a plăcilor bimetalice cunoaşteți?
59. Care sunt etapele procesului de fabricare a elementelor termoreglabile?
60. Care sunt încercările de recepție a materialelor bimetalice?

6. MODERNIZAREA PROCESELOR TEHNOLOGICE

Pentru rezolvarea cu succes a problemelor tehnologice este necesar să se facă apel la multe ramuri ale ştiinței contemporane şi o continuă inovare tehnologică.

În ceea ce priveşte direcțiile de perspectivă ale dezvoltării tehnologiei, trebuie notat în primul rând abstracția matematică, adică descrierea matematică a tuturor fazelor procesului tehnologic, în scopul obținerii relațiilor analitice precise care determină legătura lor reciprocă. În al doilea rând trebuie notată utilizarea activă a calculatoarelor în proiectarea şi fabricarea produselor electrotehnice, înțelegând prin aceasta şi conducerea automată activă a proceselor tehnologice. Deosebit de importante sunt sistemele automate de prelucrare la construcția proceselor tehnologice optime. Bazele acestei direcții de perspectivă sunt metode ale teoriei programării liniare, neliniare şi teoria deservirii în masă (teoria aşteptării).

6.1. Clasificarea maşinilor unelte utilizate în industria electrotehnică

După natura operațiilor, maşinile – unelte se pot clasifica în:

- maşini - unelte universale, care realizează o gamă largă de operații de acelaşi tip (exemple: strunguri universale, freze universale, etc.);

- maşini - unelte speciale (specializate), destinate unei game restrânse de prelucrări (exemple: maşini de frezat roți dințate, maşini de filetat, etc.);

- maşini - unelte agregat, care realizează mai multe tipuri de prelucrări simultan asupra unor piese de mare complexitate;

- maşini unelte cu comandă numerică care asigură operații multiple, în regim automat de prelucrare (exemple caracteristice sunt: agregatele numite centre de prelucrare).

Maşinile - unelte universale, sunt larg răspândite şi cunoscute, spre exemplu: strungul universal, freza universală de sculărie, etc.

Maşinile - unelte speciale,- au ca destinație mai ales producerea de organe de maşini: roți dințate, şuruburi, etc.

Din punct de vedere constructiv o **maşină – unealtă agregat** este realizată dintr-un batiu comun prevăzut cu mai multe posturi de lucru. Fiecare post de lucru este echipat cu un cap de forță prevăzut cu una sau mai multe scule ce acționează simultan sau succesiv.

Piesele prelucrate (de dimensiuni medii sau mari) sunt fixe în timpul prelucrării.

Avansurile de lucru sunt realizate de către capetele de forță (deci de către scule).

Capul de forță reprezintă modulul funcțional esențial şi cuprinde: motorul electric de acționare; cutia de viteze sau variatorul de viteze; dispozitivele port – scule şi sculele.

Transferul de la un post la altul este automat (liniar sau circular), iar alimentarea şi evacuarea manuală. Prin realizarea automată şi a operațiilor de alimentare şi evacuare, o maşină unealtă agregat poate fi integrată într-o linie automată de fabricație.

Maşinile - unelte moderne funcționează în regim automat, executând comenzile după un anumit program.

Comenzile maşinilor unelte se pot face cu:

- Manete, butoane, etc., (la maşinile unelte normale);
- Came, şabloane, la maşinile unelte automate (MUA), cu automatizare mecanică, de tip strung de copiat, strung automat, strung revolver, etc.;
- Aparatură de comandă numerică la maşinile automate cu comenzi numerice (MUCN).

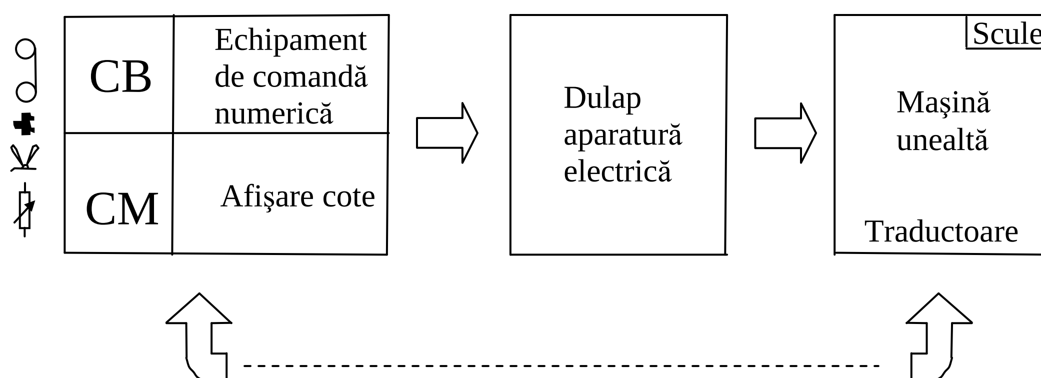


Figura 6.1. Schema bloc a unei maşini cu comandă numerică

Structura **maşinilor - unelte cu comandă numerică** este reprezentată în schema bloc din figura 6.1. Echipamentul de comandă numerică poate memora programul de execuție, sau poate fi comandat manual. La echipamentele actuale, dotate cu calculatoare sau automate programabile se folosesc perifericele standard: display, tastatură, etc.

Echipamentul de comandă numerică transmite comenzi la echipamentul de forță constituit din motoare de curent continuu (de obicei) şi variatoare de turație. Se asigură mişcările de aşchiere şi avansurile de lucru la vitezele programate.

Ansamblul mecanic al maşinii-unelte execută operațiile de prelucrare sub comanda echipamentului electric. Poziția sculei pe cele trei axe este sesizată cu ajutorul unor traductoare de poziție care transmit informația la echipamentul de comandă numerică.

Sistemul de comandă pentru deplasarea pe una din axe funcționează de regulă în buclă închisă, având schema bloc din figura 6.2.

După înregistrarea programului, microprocesorul μC transmite comparatorului un semnal u_i care reprezintă comanda din program. Comparatorul detectează eroarea dintre comanda impusă u_i şi semnalul primit de la traductoarele de poziție TP şi asigură acționarea motorului ME prin intermediul amplificatorului A. Motorul deplasează masa M (piesa sau scula) până când $u_i = u_p$ adică comanda a fost executată, iar poziția (reflectată prin semnalul de la traductoarele de poziție) este identică cu poziția impusă.

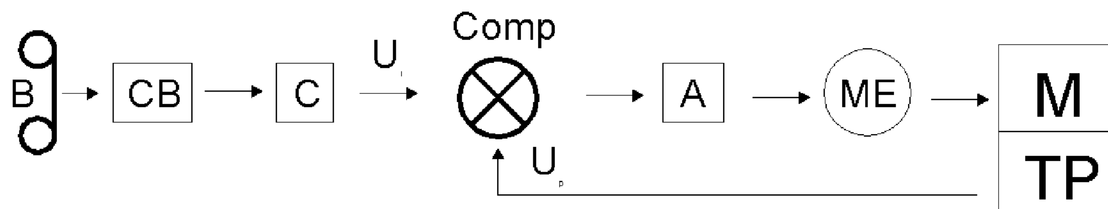


Figura 6.2. Schema bloc a comenzilor unei MUCN

Traductoarele de poziție pot fi:

- **absolute**, detectând poziția față de zero;
- **incrementale**, detectând doar deplasarea, adică considerând zero poziția cu care începe mişcarea.

Trebuie menționat faptul că folosirea unor tehnici speciale, ca de exemplu interferometrie cu laser, permite detectarea unor deplasări foarte mici, cum ar fi 0,1 μm pentru laserul He-Ne.

Comenzile ce se transmit sunt de trei feluri:

- **comenzi de poziționare,** care se execută cu viteză mare şi au ca scop aducerea sculei în apropierea piesei, în poziția dorită pentru începerea prelucrării;
- **comenzi de prelucrare liniară**, cu avans de lucru pe o singură axă, viteza de deplasare fiind redusă, conform regimului tehnologic prescris;
- **comenzi de prelucrare pentru execuția unui contur**, situație în care se execută deplasări pe două axe **corelate între ele**, încât să rezulte un contur prescris.

Centrele de prelucrare sunt maşini - unelte cu comandă numerică, cu multiple posibilități de prelucrare (strunjire, găurire, filetare, frezare, alezare, etc.) care dispun de un dispozitiv de înmagazinare a unui număr oarecare de scule (numită magazie de scule), şi un mecanism de schimbare şi transfer al sculei la arborele principal al maşinii - unelte.

După poziția arborelui principal există:

- centre de prelucrare orizontale;
- centre de prelucrare verticale.

Magazinul de scule poate fi cu disc (de tip carusel), sau cu transportor cu lanț.

O linie tehnologică automată este un complex funcțional cu multiple acțiuni, şi de aceea prezentarea sa trebuie făcută într-o abordare globală, utilizând conceptele teoriei sistemelor.

Considerând o linie tehnologică **ca un sistem de fabricație** se pot pune în evidență subsistemele interne şi relațiile dintre ele.

Un **subsistem** reprezintă o **grupare funcțională** care realizează una din funcțiile parțiale.

În cadrul unui sistem de fabricație se identifică următoarele subsisteme (sisteme parțiale):

- subsistemul de lucru SL (prelucrare);
- subsistemul logistic sau de manipulare, transport, depozitare;
- subsistemul de asigurare cu energie SAE;
- subsistemul de comandă (conducere) SC;
- subsistemul de control al pieselor SCP;
- subsistemul de întreținere şi reparare SI.

Sistemul de lucru (prelucrare) este un sistem parțial care are funcția de a modifica proprietățile materialelor în scopul obținerii pieselor finite şi a produselor. Este constituit din totalitatea utilajelor, instalațiilor tehnologice şi spațiilor productive.

Sistemul logistic are drept scop transferul în spațiu al materialelor, pieselor şi sculelor, precum şi depozitarea acestora (transferul în timp). El este compus la rândul său din:

- **sistemul logistic al pieselor MP,** care asigură alimentarea, poziționarea, fixarea şi transferul pieselor, precum şi depozitarea acestora.
- **sistemul logistic al sculelor MS** care asigură aducerea, fixarea, schimbarea şi depozitarea acestora.
- **sistemul de alimentare cu materiale auxiliare MA**;
- **sistemul de evacuare al deşeurilor ED.**

Sistemul logistic este constituit din totalitatea instalațiilor de alimentare, evacuare, a utilajelor de ridicat şi transport intern, dispozitivelor şi magaziilor.

Sistemul de control al pieselor are funcția de a verifica parametrii calitativi ai produselor prin măsurători, realizând ceea ce se numeşte „control de calitate“.

Acest sistem funcționează de cele mai multe ori integrat cu sistemul de prelucrare, controlul acestuia realizându-se pe întregul flux tehnologic.

Sistemul de comandă are funcția de a asigura conducerea întregului sistem de fabricație, buna funcționare a sistemelor parțiale şi corelarea între ele, astfel încât să se îndeplinească obiectivele tehnico-economice propuse.

Sistemul de întreținere şi reparații are drept scop controlul funcționării sistemului de lucru şi realizarea operațiilor de întreținere preventivă şi corectivă (reparații).

Realizarea de linii tehnologice automate este o acțiune complexă, întrucât fiecare dintre subsistemele enumerate trebuie să **funcționeze automat**, corelat cu celelalte subsisteme în cadrul ansamblului.

În acest context trebuie precizată noțiunea de **flexibilitate** a unui sistem de fabricație.

O linie automată de fabricație se numeşte **rigidă** dacă este concepută pentru realizarea unei singure sarcini de fabricație, respectiv **flexibilă** dacă este astfel concepută încât să se poată transforma în vederea realizării mai multor sarcini diferite de fabricație.

6.2. Celule şi linii de fabricație

Celula de fabricație este un sistem de fabricație constituit dintr-un singur subsistem de prelucrare şi un singur subsistem de manipulare (figura 6.3.).

Subsistemul de prelucrare conține maşina de lucru, sculele, dispozitivele, verificatoarele (S.D.V.), instalațiile tehnologice de prelucrare. Comenzile şi acționarea poate fi făcută de către un operator uman sau pot fi complet automate.

Subsistemul de manipulare conține instalația aducătoare/de evacuare IAE şi un operator uman.

Cuplarea mai multor celule de fabricație CF între ele prin subsisteme de manipulare SSM constituie o **linie de fabricație** conform schemei din figura 6.3.

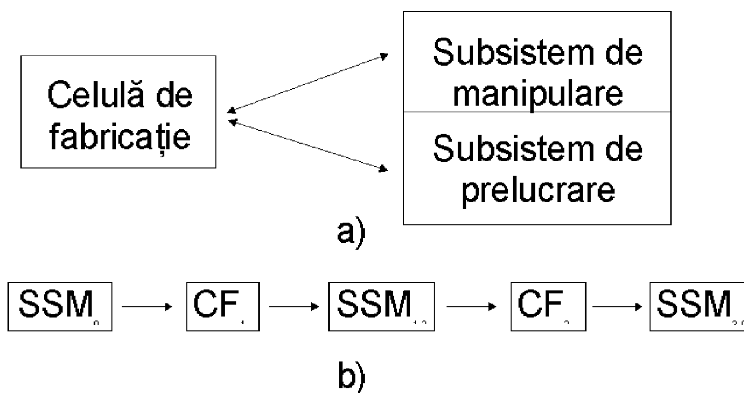


Figura 6.3. Celule şi linii de fabricație

Variantele de compunere a unei celule de fabricație sunt prezentate în figura 6.4.

Varianta A reprezintă **celula de fabricație tradițională** în care un operator uman deserveşte o maşină. Flexibilitatea este asigurată de prezența operatorului uman şi de o maşină universală. Toate funcțiile de manipulare sunt asigurate de operator.

Acest tip de celulă este foarte frecvent întâlnit în atelierele de producție organizate pe tipuri de prelucrări (atelier de strungărie, de prelucrări mecanice, etc).

Varianta B reprezintă **celula de fabricație mecanizată**, în care funcțiile de alimentare evacuare se realizează cu ajutorul IAE de către operator. Este o variantă tradițională, aplicată atunci când piesele sunt relativ mari sau la montajul pe bandă.

Celula este flexibilă numai în măsura în care IAE este uşor adaptabilă la schimbări.

Tip	Schema de compunere	Tip	Schema de compunere
A	◐ ou + M D S	B	IAE + ◐ ou + M D S
C	◐ ou + IOH + M D S	D	IAE + M_1 D_1 S_1 + ……… 1,2,…,n + IAE + M_n D_n S_n
E	IAE + ◐ ou + IOH + M D S	F	IAE + IOH + M D S i=1,…,n
G	IAE + IOH + S_i + D_i	H	IAE_i + IOH_i ou◐ + M_i D_i S_i i=1,…,n

Figura 6.4. Variante de compunere a celulelor de fabricație.

Varianta C reprezintă **celula de fabricație mecanizată** în care operatorul uman deserveşte maşina cu ajutorul unui manipulator sincron. Acesta se aplică acolo unde sunt semifabricate grele sau calde. Celula este flexibilă în măsura în care manipulatorul este adaptabil, iar maşina universală.

Varianta D reprezintă o **linie automată rigidă** în care instalația de alimentare-evacuare alimentează pe rând diversele maşini M_i şi maşinile sunt automate, cu automatizare rigidă. Linia este strict specializată şi are o productivitate deosebită, dar este neflexibilă.

Varianta E reprezintă o **celulă mecanizată** în care există o instalație aducătoare – de evacuare şi un manipulator sincron comandat de operator. Este o variantă puțin flexibilă, aplicată - de asemenea - la piese mari.

Variantele F şi G reprezintă **celule flexibile de fabricație**. În cazul F instalația de alimentare – evacuare şi instalația de operații humanoide (robotul industrial) deservesc una sau mai multe maşini - unelte. Sistemul este flexibil prin reprogramare şi prin utilizarea de maşini - unelte cu comandă numerică.

În cazul G **nu există maşini de prelucrare**. Robotul industrial efectuează operațiile cu ajutorul unor scule şi dispozitive. Varianta este flexibilă prin reprogramare.

Varianta H reprezintă **o celulă flexibilă de fabricație** cu robot, asistată de operatorul uman. Acesta din urmă are rol de supraveghere.

6.3.Tehnologia prelucrării mecanice pe maşini cu comandă numerică

Elaborarea tehnologiilor de prelucrare a pieselor pe maşini unelte cu comandă numerică (MUCN), comportă anumite particularități ce țin seama, în primul rând, de modul în care se transmit informațiile maşinii unelte comandată numeric, în legătură cu generarea suprafețelor pieselor.

Pentru ca informațiile să fie recepționate şi înțelese de echipamentul de comandă numerică (ECN), acestea sunt supuse unui complex proces de prelucrare, pentru a fi aduse într-o formă codificată adecvată.

La compartimentul de proiectare tehnologică, pe baza desenului piesei, este elaborată în clar tehnologia de prelucrare. Sunt indicate maşina-unealtă pe care se execută prelucrarea, sculele utilizate, succesiunea fazelor de prelucrare, regimurile de aşchiere etc. Toate aceste elemente sunt subordonate posibilităților de prelucrare ale maşinii. În compartimentul de programare se elaborează, într-o formă codificată, programul de prelucrare a piesei. Tehnologia de prelucrare este transpusă într-un limbaj formal pe care ECN poate să-l citească şi să-l înțeleagă, pe un suport adecvat, compatibil cu sistemul de citire al ECN. Când această prelucrare este efectuată de către om, se poate vorbi de o programare manuală a maşinii-unelte cu comandă numerică. Dacă la prelucrarea datelor este utilizat calculatorul, programarea se numeşte asistată (de calculator).

La programarea numerică manuală, datele din planul de operații, întocmit în prealabil, se transpun într-un tabel **program-piesă** care conține: numărul de ordine N al rândului cu datele unei faze de lucru, coordonatele X, Y, Z corespunzătoare cotelor piesei, viteza de avans, turația, numărul sculei, precum şi funcțiile auxiliare pe care trebuie să le execute sculele, respectiv piesa.

Literele şi simbolurile folosite la întocmirea tabelului program-piesă formează **limbajul-maşină**. Tabelul program - piesă este elaborat manual de un tehnolog/programator, specializat în tehnica programării.

Conținutul tabelului program-piesă se codifică după un anumit cod denumit **cod-maşină**, de comandă a maşinii-unelte care comandă efectuarea programului de lucru.

Programarea numerică asistată se realizează cu ajutorul calculatorului pe baza datelor din planul de operații elaborat de tehnolog.

Structura ECN depinde de tipurile de comenzi pe care trebuie să le transmită MUCN. Sunt cunoscute trei tipuri de comenzi numerice: de poziționare, de prelucrare liniară şi de conturare.

a) Comenzile de poziționare sunt transmise pentru a deplasa scula sau piesa în diferite puncte unde urmează a se executa prelucrări. Conținutul comenzii este programat prin indicarea axelor pe care se face deplasarea şi valorilor deplasării specifice a fiecărei axe.

În funcție de tipul ECN deplasările se pot realiza succesiv pe cele două axe, într-o ordine care a fost prestabilită în program, sau simultan pe ambele axe, până la atingerea uneia dintre coordonate, după care deplasarea are loc pe o singură axă.

b) Comenzile de prelucrare liniară sunt adresate lanțurilor cinematice de avans, în scopul executării prelucrării unor contururi rectilinii. Comanda de prelucrare liniară trebuie să conțină, pe lângă informațiile geometrice de deplasare şi informații tehnologice, referitoare la viteza de avans, turația sculei etc. Prelucrarea se execută prin combinarea a două mişcări de avans orientate pe direcția axelor, ale căror viteze trebuie să satisfacă condițiile:

$$\frac{W_y}{W_x} = tg\ \alpha; \qquad W_x^2 + W_y^2 = W^2 \qquad (6.1.)$$

Acestea se realizează datorită existenței unui bloc funcțional în cadrul ECN, denumit interpolar liniar. Interpolatorul este apelat în program numai dacă prelucrarea liniară se execută pe o direcție care nu coincide cu direcția axelor de coordonate.

c) Comenzile de conturare sunt necesare la prelucrarea contururilor curbe. Pentru realizarea acestora sunt necesare, ca şi în cazul prelucrării liniare, mişcări pe două axe de coordonate, ale căror viteze trebuie să se supună restricțiilor (6.1.). Dar, în acest caz unghiul α se modifică de la un punct al traiectoriei la altul, ceea ce implică o prelucrare internă a datelor mai complexă. În acest scop ECN conține un interpolatort cu posibilități mai largi, care poate executa o aproximare a conturului supus prelucrării prin arce de cerc, de parabolă, de elipsă etc.

Principalele avantaje ale maşinilor-unelte cu comandă numerică, față de cele clasice, sunt:

– creşterea productivității datorită reducerii timpilor auxiliari şi ai celor legați de pregătirea-încheiere fabricației;

– posibilitatea reluării fabricației unui anumit reper în condiții uşoare prin refolosirea programului de fabricare stocat în memoria maşinii;

– posibilitatea de a utiliza mai multe maşini de acelaşi fel pentru prelucrarea aceleiaşi piese, prin simpla multiplicare a programului;

– posibilitatea reglării maşinii cu comandă numerică într-un timp relativ scurt, în cazul modificării unor cote ale piesei care se prelucrează, prin modificarea programului;

– reducerea cheltuielilor afectate dispozitivelor şi verificatoarelor;

– optimizarea procesului de prelucrare prin folosirea comenzii numerice adaptive.

Acestor avantaje li se opun, însă o serie de dezavantaje care intervin în favoarea maşinilor-unelte convenționale:

– costul de achiziție mult mai ridicat al maşinilor cu comandă numerică în comparație cu cele clasice;

– cheltuieli de întreținere superioare;

– necesitatea unui compartiment de programare cu personal specializat;

– creşterea cheltuielilor pentru scule aşchietoare care, în general au complexitate mai mare;

– necesitatea organizării unor sculării şi magazii de scule, impuse de o utilizare eficientă a maşinilor-unelte cu comandă numerică;

– existența a numeroase coduri şi limbaje de programare, care contribuie la îngreunarea activității de pregătire a forței de muncă.

Pe lângă avantajele şi dezavantajele prezentate mai pot fi citate şi altele aspecte, ca de exemplu, faptul că în producție de serie mare şi masă, maşinile-unelte automate sunt mult mai economice şi au o fiabilitate mai ridicată; la serii mari de fabricație sistemele hidraulice de copiere sunt mult mai simple, mai economice şi mai precise decât echipamentele de comandă numerică folosite în acest scop.

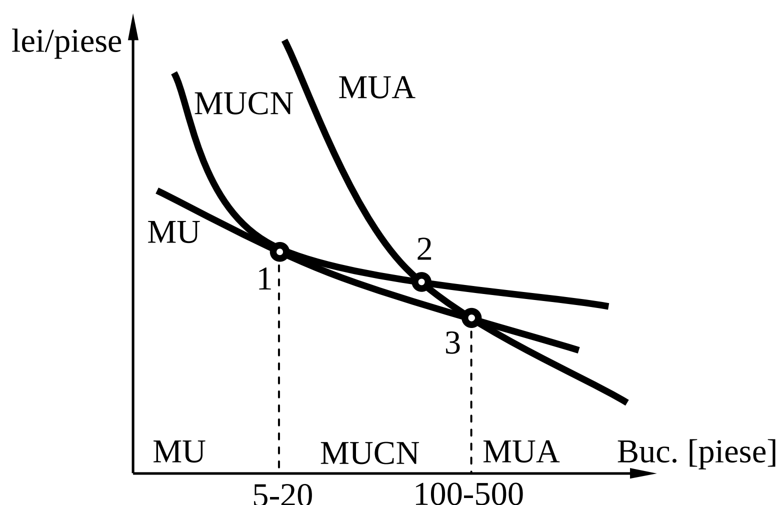


Figura 6.5. Domeniul de utilizare a MUCN funcție de prețul de cost pe piesă.
MUCN – maşini-unelte cu comandă numerică. MU – maşini unelte universale,
MUA – maşini unelte automate.

Din cele prezentate, se desprinde concluzia că maşinile unelte cu comandă numerică nu pot căpăta o utilizare absolută. Ele constituie un factor de progres în domeniul tehnologiilor de prelucrare, venind să asigure eficiența fabricației seriilor relativ mici de produse (figura 6.5.), adică acolo unde se simțea un gol între utilizarea maşinilor-unelte şi maşinile automate.

Ca exemplu de programare a prelucrării pe maşini cu comandă numerică considerăm placa din figura 6.6., la care frezarea de degroşare a conturului ABCD se efectuează pe o maşină de frezat cu comandă numerică.

Placa este executată din fontă, iar frezarea conturului se face cu o freză cilindro-frontală cu diametrul ∅ 30 mm, din oțel rapid. Adaosul de prelucrare este de 10 mm, viteza de aşchiere v = 15 m/min, viteza de avans w = 100 mm/min.

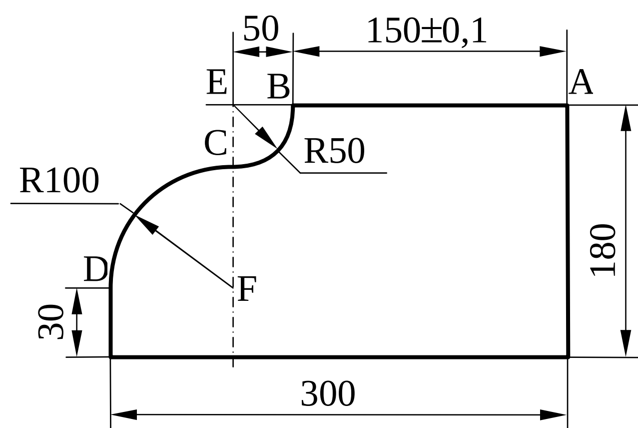


Figura 6.6. Placă cu profil curbiliniu.

Maşina de frezat cu comandă numerică de conturare are următoarele caracteristici:

– dimensiunile mesei,
– deplasarea longitudinală a mesei în direcția axei x,
– deplasarea transversală a săniei port-sculă în direcția axei z,
– deplasarea verticală a capului de frezat pe y
– turația (variabilă continuu) a axului principal,
– viteză de avans (variabilă continuu) după cele 3 axe,
– viteză maximă de conturare,
– viteză maximă de prelucrare liniară,
– viteza de deplasare rapidă,
– increment minim de deplasare 0,01 mm,
– precizia de repetabilitate ± 0,0005 mm,
– punctul de zero deplasabil de toate axele,
– sistemul de comandă comandă de conturare după 3 axe cu interpolare liniară şi circulară,
– modul de introducere a datelor automat şi manual.

Echipamentul de conturare foloseşte un interpolator, care trimite organelor mobile comenzi cu o frecvență adaptată la viteza tangențială rezultată, egală cu viteza de avans programată.

Dispozitivul de corecție a razei sculei permite simplificarea programării operațiilor de frezare a conturului, deoarece este suficient să se programeze conturul real al piesei şi să se afişeze raza frezei.

Calculele coordonatelor traiectoriei descrise de centrul frezei în timpul prelucrării se fac automat şi în mod continuu, în funcție de conturul real al piesei.

Echipamentul de conturare asigură corecția de uzură şi de lungime a sculei, ceea ce simplifică programarea, evidențiindu-se calculele care să țină seama de dimensiu-nile sculelor.

Programarea manuală are loc în cazul profilelor formate din segmente de dreaptă şi arce de cerc, când interpolatorul liniar şi circular comandă scula să urmeze traiectoria programată manual.

Programarea asistată se utilizează în cazul pieselor cu profiluri complexe, definite matematic sau prin puncte, când cu ajutorul calculatorului se transformă profilul curbiliniu într-o succesiune de segmente de dreaptă, cu abateri de la conturul real în limita toleranțelor. În acest caz, interpolatorul liniar comandă scula să parcurgă segmente de dreaptă.

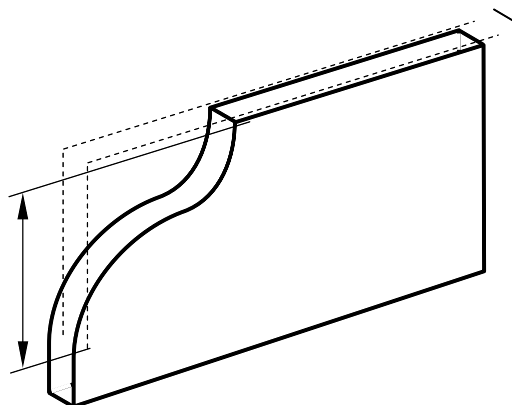


Figura 6.7. Modul de orientare a plăcii pe masa maşinii de frezat.

Pentru programarea maşinii de frezat se foloseşte cotarea relativă, recalculând cotele din sistemul de coordonate al piesei în sistemul de coordonate al maşinii-unelte.

În figura 6.7. se prezintă modul de orientare al piesei pe masa maşinii de frezat față de sistemul de coordonate XYZ al maşinii.

Pentru întocmirea tabelului program-piesă s-au folosit, în cazul de față, adresele G şi M:

G 00 – poziționare;
G 01 – interpolare liniară;
G 02 – interpolare circulară în sens orar;
G 03 – interpolare circulară în sens antiorar;
G 06 – anularea temporizării comandată;
G 17 – interpolare în planul XY;
G 40 – anularea corecției sculei;
G 43 – corecția de poziționare a sculei deasupra conturului de prelucrat;

G 47 – corecția de poziționare a sculei în lungul unei axe;
M 02 – sfârşitul programului;
M 03 – rotirea axului principal în sens orar;
M 08 – pornirea pompei de răcire;
M 09 – oprirea pompei de răcire;

6.4. Tehnologie electronică

Principala tehnologie utilizată la ora actuală în industria electronică este **tehnologia plantării pe suprafață (SMT-** Surface Mount Technology**).** Această tehnologie nouă impune echipamente noi, de mare productivitate, noi reguli ale proiectării circuitului imprimat, noi procese tehnologice, noi metode de asigurare a calității şi chiar noi relații interdisciplinare.

Ideea montării pe suprafață a componentelor nu este nouă. Primele componente SMD, aşa numitele "flat packs" sau capsule plate, au fost utitlizate la circuitele hibride încă după anul 1960.

Tehnologia actuală necesită regândirea profundă a proceselor tehnologice, alături de o infrastructură corespunzătoare care să le susțină. În stadiul actual de dezvoltare nu toate componentele sunt disponibile în variantã SMD şi de aceea, procesul tehnologic trebiue să permită şi utilizarea componentelor cu montate prin inserție.

Existã trei mari categorii de **module SMT** numite "Tipul 1", "Tipul 2" şi "Tipul 3". Ordinea operațiilor de procesare sunt diferite pentru fiecare tip de modul, şi fiecare variantă necesită echipamente tehnologice diferite.

Tipul 1 de subansamblu SMT, conține numai componente cu montare pe suprafață, şi mai este numit "SMT pur". Poate exista varianta echipată pe o față sau pe ambele.

Tipul 2 de modul SMT reprezintă o combinație între tipurile 1 şi 3. De regulă nu conține nici o componentă SMD integrată pe partea inferioară, dar poate conține componente discrete lipite pe această parte.

Tipul 3 de subansamblu SMT conține numai componente discrete cu montare pe suprafață (cum ar fi rezistoare, condensatoare şi tranzistoare) lipite pe partea inferioară a circuitului imprimat, pe fața superioară fiind componente **THT** (Through Hole Technology).

Pentru realizarea unui modul electronic avem nevoie binențeles de o linie de producție complet utilată, conform planului de producție şi testare cerut de beneficiar.

Linia de producție cuprinde următoarele echipamente:

- Linie SMT de asamblare componente SMD pe circuitul imprimat,
- Serializare,
- Depanelare,

- Control visual,
- Lipire Selectivă,
- Pin Insertion,
- ICT (in circuit test),
- FLASH,
- FUNCTIONAL TEST,
- Lăcuire,
- Carcasare,
- Stația laser pentru etichete,
- RF (testare radio frecvență),
- FINAL TEST,
- PACKING.

Diferența fundamentală între tehnologia SMT - cu componente pe suprafață - şi clasica tehnologie THT - cu componente în gaură - provine din natura poziționării: componetele SMD au poziții relative față de PCB (Printed Circuit Board-circuit imprimat), în timp ce componentele THT au poziții absolute. Adică, la plantarea unei **componente SMD** (Surface Mounted Device) pe suprafața PCB-ului, poziția sa este relativă la pad-urile (amprenta componentei) de pe PCB, iar acuratețea plantării este nemijlocit afectată de variațiile geometrice ale PCB-ului, de dimensiunea componentei, de fidelitatea de plantare asigurată de echipament. Aceste aspecte afectează întregul proces de fabricație începând cu proiectarea

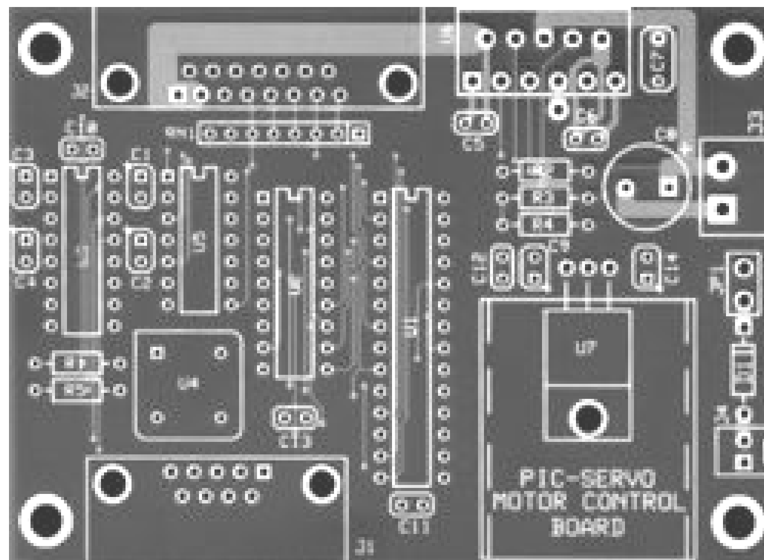


Figura 6.8. Circuit imprimat

Există trei elemente pe care se bazează tehnologia SMT: componentele; substratul şi sistemul de asamblare (plantare).

Un **cablaj brut**, este realizat dintr-un strat izolator, de grosime care poate varia de la câteva zecimi de mm până la ordinul câtorva mm, pe care se află o folie de cupru (simplu strat) sau două (dublu strat). Stratul izolator are în general grosimea de 1.6 mm, dar această grosime nu reprezintă un standard, deoarece depinde de foarte mulți factori, în general mecanici şi tehnologici.

Un circuit imprimat sau cablaj imprimat **PCB** (Printed Circuit Board), are rolul de a susține mecanic şi de a conecta electric un ansamblu de componente electrice şi electronice, pentru a oferi un produs final funcțional, (care poate fi: un simplu variator de luminozitate a unui bec, o antenă realizată pe cablaj, sau echipamente sofisticate precum calculatoare şi echipamente de comunicații radio).

6.4.1. Tehnologia lipirii pentru circuite SMT

Lipirea este procedeul de îmbinare la cald a pieselor metalice în tehnologia SMT, în care se foloseşte un metal de adaos, numit aliaj de lipit, diferit de metalele de bază. Lipiturile pot fi:

- **Lipituri moi**, când temperatura de topire a aliajului de lipit este mult inferioară față de a metalelor de bază;
- **Lipituri tari**, când aliajul de lipit are temperatura de topire comparabilă cu a metalelor de bază.

Lipirea este condiționată de o serie de procese fizico-chimice, care se petrec la contactul dintre aliajul de lipit topit (lichid) şi metalele de bază (solide). Pentru realizarea lipiturii este necesar ca aliajul de lipit să umecteze (umezească) metalele de bază, pentru a se crea legaturi strânse între cele două materiale, cu consecința apariției difuziei de atomi de aliaj în metalele de bază şi a atomilor acestora în aliaj.

Umezirea unui metal de către aliajul topit se datorează forțelor care apar la contactul aliaj-metal de bază (figura 6.10). Suprafața liberă a picăturii este perpendiculară pe forța rezultantă (F_r) a forțelor de adeziune metal de bază - aliaj (F_{am}),de adeziune aliaj - mediu (F_{af}) şi de coeziune a aliajului (F_c).

Un contact bun, deci o umezire bună a metalului de bază se realizează când rezultanta este aproape perpendiculară pe metalul de bază; din acest motiv, înclinarea tangentei la suprafața picăturii, unghiul θ (egal cu unghiul F_r şi perpendiculară pe suprafața metalului de bază) se numeşte unghi limită de umezire sau unghi de contact, iar cos θ se numeşte coeficient de umezire, ambele reprezentând măsura gradului de umezire şi în consecință o primă apreciere a calității lipiturii – tabelul 6.1.

Stratul superficial al aliajului de lipit în stare lichidă se comportă ca o membrană elastică asupra cărei circumferințe, acționează tensiuni superficiale (figura 6.9.):

σ_l – tensiunea stratului superficial, σ_{ls} – datorată adeziunii lichid-solid,

σ_{lg} – datorată adeziunii lichid-gaz. La echilibru: $\sigma_{ls} – \sigma_l – \sigma_{lg} \cdot \cos\theta = 0$.

Tensiunile superficiale, mai ales ale aliajului lichid şi dintre metalele de bază şi aliaj, sunt destul de mari, determinând existența capilarității, fenomen deosebit de important la lipirea pieselor electronice. Datorită capilarității, aliajul topit pătrunde şi umple spațiile înguste dintre piese, asigurând lipirea (figura 6.11), numită adesea lipire capilară.

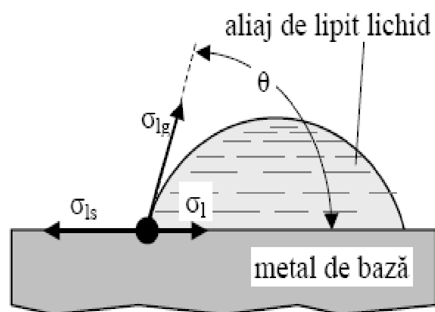


Figura 6.9. Tensiuni superficiale la contactul aliaj de lipit metal de bază

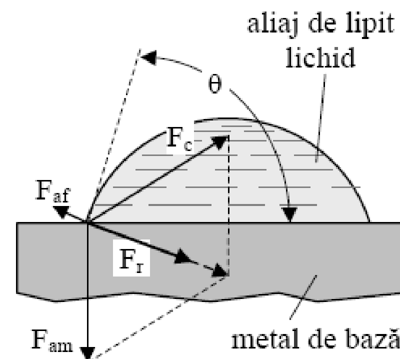


Figura 6.10. Forțe la contactul aliaj de lipit – metal de bază

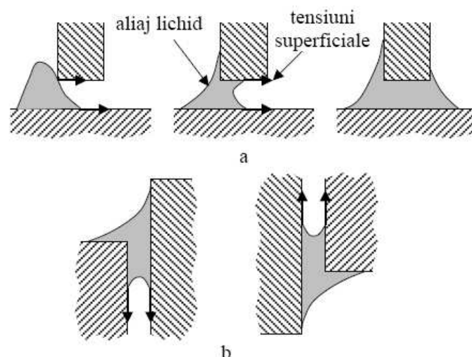


Figura 6.11. Lipirea capilară orizontală (a) şi verticală (b)

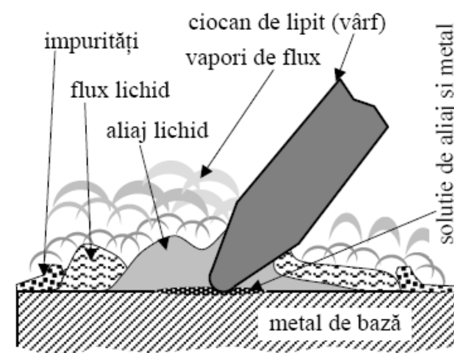


Figura 6.12. Procese în timpul lipirii

Capilaritatea apare dacă interstițiile sunt destul de mici (sub 0,25 mm) şi este favorizată de rugozități mici ale suprafețelor, mai ales dacă sunt sub formă de canale (rizuri); pe suprafețe lustruite capilaritatea este redusă, întinderea slabă, din care motiv se recomandă ca suprafețele, mai ales de cupru, să aibă aspect satinat – asperități mici.

Umectarea bună.Prima condiție pentru o lipitură de bună calitate, este posibilă numai dacă tensiunea datorată adeziunii aliajului topit la metalul de bază (σ_{ls}) este mai mare decât a aliajului de lipit (σ_{l}) – figura 6.9 şi aceasta este posibilă numai dacă suprafețele metalelor şi aliajului sunt perfect curate pe toată durata procesului de lipire.

Rolul de a curăța suprafețele şi de a împiedica impurificarea, revine substanțelor numite fluxuri pentru lipire.

Tabel 6.1 – Calitatea umezirii în raport cu unghiul de contact

Forma picăturii de aliaj topit	Unghiul de contact	Calitatea umezirii	Calitatea lipiturii
	0° ... 15°	foarte bună	foarte bună
	15° ... 75°	bună	bună
	75° ... 90°	satisfăcătoare	satisfăcătoare .. .. mediocră
	90° ... 180°	nesatisfăcătoare	nu se realizează lipire

Fluxurile pentru lipire au două funcții esențiale:

a) dizolvă şi îndepărtează împuritățile de pe suprafețele metalelor înainte de întinderea aliajului topit

b) protejează suprafețele, să nu se impurifice în timpul lipirii; în secundar asigură şi reducerea tensiunii aliaj-mediu (gaz), favorizând întinderea.

Lipirea are loc în mai multe **etape** (figura 6.12.):

- încălzirea metalelor de bază şi de adaos până la temperatura de topire a aliajului (t_{ta}), timp în care se produce topirea fluxului, întinderea acestuia şi îndepărtarea impurităților;
- topirea aliajului;
- continuarea încălzirii până la temperatura de lipire ($t_l > t_{ta}$) care se menține un timp, în care au loc umezirea, întinderea aliajului, umplerea interstițiilor, dizolvarea metalelor de bază în aliaj şi difuzia reciprocă a moleculelor;
- îndepărtarea sursei de caldură, răcirea metalelor şi solidificarea aliajului.

La **temperatura** de lipire au loc şi procese fizico-chimice nedorite (reacții, recristalizări) care înrăutățesc calitatea lipiturii. Este necesar ca temperatura şi durata încălzirii să nu depăşească valorile necesare.Temperatura de lipire (t_l) este întotdeauna superioară temperaturii de topire completă a aliajului (t_{ta}) cu cel puțin 25-30°C.

Staniul (cositor) este un metal alb-argintiu cu nuanțe albăstrui, maleabil, rezistent la coroziune, cu oxidare lentă. La temperaturi sub -13,2°C, Sn suferă o modificare alotropică însoțită de o schimbare bruscă de volum care duce la transformarea într-o pulbere cenuşie.

Din acest motiv, Sn pur nu se utilizează pentru lipire. Se utilizează însă aliat, deoarece cantități de peste 0,3 – 0,5% Bi sau peste 0,5% Pb înlătură aproape complet transformarea. Staniul este scump şi deficitar.

Plumbul este un metal cenusiu-albăstrui, cu luciu caracteristic după secționare, se oxidează repede, formând o peliculă cenuşie, aderentă, care protejează metalul de atacurile mediului. Este moale, ductil, puțin rezistent la rupere, dar foarte rezistent la acizi. Având temperatura de topire ridicată şi umectare redusă pe cupru, pentru lipituri, plumbul se foloseşte aliat cu staniul. Este ieftin.

Din diagrama de echilibru a aliajului Sn+Pb (figura 6.13) se observă că temperatura de topire minimă a aliajului (t_{ta}) se realizează în punct eutectic (E), la 183°C, cu 61,9%Sn şi 38,1%Pb.

Însuşirile de lipire ale **aliajelor Sn+Pb** depind de compoziție:

- aliajele cu conținut mare de Sn (65 – 98%Sn) sunt foarte bune pentru lipire, stabile, dar scumpe – nu se folosesc pentru lipiri în electronică;
- aliajele cu conținut mărit de Sn (50 – 65%Sn) au cele mai scăzute temperaturi de topire (183 - 220°C), sunt foarte bune pentru lipituri (fluidicitate şi capacitate de umezire bună) şi sunt de departe cele mai folosite în electronică şi electrotehnică;
- aliajele cu conținut mediu de Sn (30 – 50%Sn) lipesc bine multe metale (inclusiv fier şi aliaje de fier) şi sunt mult folosite, având temperaturi de topire mai mari;
- aliajele cu conținut redus de Sn (sub 30%Sn) au temperaturi de topire destul de mari, nu lipesc prea bine şi nu se folosesc în electronică.

Pentru lipiri, în electronică, cele mai folosite sunt aliajele Sn+Pb de înaltă puritate (total impurități sub 0,5%); unele caracteristici ale acestora apar în tabelul 6.1.

Destul de frecvent, în aliajele Sn + Pb se introduc şi mici cantități de metale de adaos pentru îmbunătățirea unor proprietăți (adesea însă înrăutățesc altele).

Printre cele mai folosite adaosuri sunt:

Adaosurile de stibiu (antimoniu) (Sb), cresc rezistența mecanică; sub 0,3% îmbunătățesc capacitatea de umezire iar peste 3,7% o reduc; se produc aliaje Sn+Pb+Sb cu 0,2 – 0,5% Sb (Lp50Sb şi Lp63Sb) şi cu 2,3 – 2,8%Sb (Lp40Sb).

Adaosurile de argint (Ag), în cantități mici (1-5%, uzual 1-2%) asigură conductivitate mai mare şi însuşiri mecanice superioare însă sunt mai scumpe; se folosesc mult în SUA.

Adaosurile de cadmiu (Cd) şi bismut (Bi) reduc temperatura de topire dar au efecte contradictorii şi sunt foarte rar utilizate.

Din diverse motive, în aliaje apar substanțe cu efecte nedorite – impurități, ale căror efecte sunt succint prezentate în continuare.

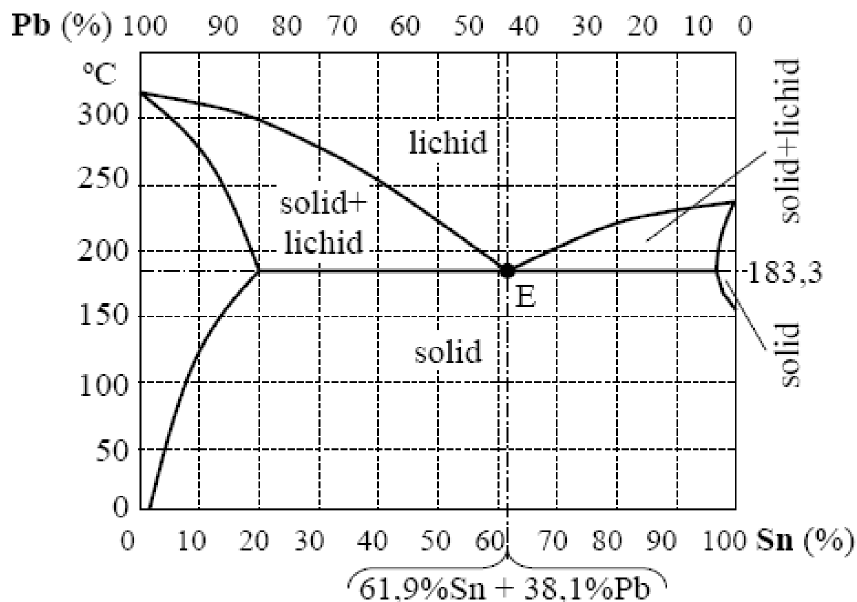


Figura 6.13. Diagrama de echilibru a sistemului Staniu + Plumb

Oxigenul este absorbit din aer, în aliajul topit, formând compuşi cu Sn, Pb şi alte substanțe. Ca urmare, la suprafața aliajului se formează o zgură care se poate depune pe cablaje, cu efecte neplăcute. Zgura este uşor de înlăturat cu mijloace mecanice, cele chimice nefiind eficiente.

Cuprul, fiind foarte solubil în aliajul topit, impurifică rapid băile de lipit şi reduce calitatea lipiturilor (în special se reduce capacitatea de umezire).

Sulful, **aluminiul şi zincul** sunt impurități foarte dăunătoare chiar în cantități foarte reduse; prezența acestor elemente trebuie evitată deoarece duce la scăderea drastică a sudabilitații cuprului. Este cu desăvârşire interzisă folosirea uneltelor din aluminiu, a celor zincate, a plumbului recuperat de la acumulatoare.

În electronică se folosesc uneori şi **aliaje de lipit speciale**. Printre acestea sunt:

- **aliaje cu indiu** (In), scumpe, dar care permit lipirea aluminiului, zincului, titanului, wolframului, sticlei, ceramicii şi a altor materiale frecvent utilizate în electronică; sunt însă necesare fluxuri şi tehnologii de lipire speciale;
- **aliajele cadmiu-zinc** (Cd+Zn), având o foarte mare rezistență la coroziune se folosesc în aparatura pentru medii agresive – mediu marin, tropical, etc;
- **aliajele cu bismut** (Bi) au temparaturi de topire scăzute (50-150°C); aliajul 60%Bi+27%Pb+13%Sn are t_{ta}=70°C iar aliajul 42%Sn+58%Bi are t_{ta}=138°C.

Formele de prezentare a aliajelor de lipit, de către fabricanți, depind de tehnologia de lipire utilizată.

Pentru **lipire în băi** sau **instalații cu val** se folosesc blocuri (lingouri) sau bare de aliaj, cu forme uzual paralelipipedice.

Pentru **lipirea cu pistolul de lipit** se folosesc, aliaje de lipit tubulare, mai rar sârme sau bare cu secțiune redusă. Aliajele de lipit în formă tubulară, cu variate forme ale canalului (figura 6.14.), au spațiul interior umplut cu pastă de flux activat, asigurând aportul concomitent al aliajului şi al cantității necesare de flux; diametrele uzuale variază de la 0,5 mm la peste 3 mm.

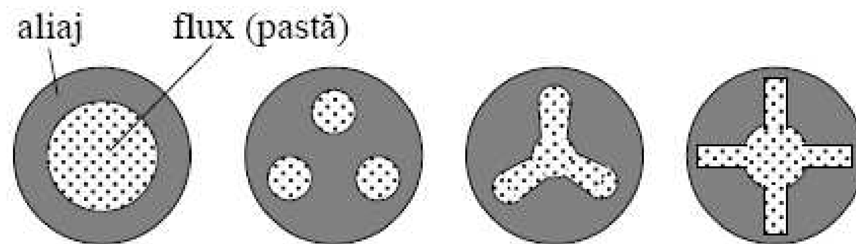


Figura 6.14. Aliaje de lipit tubulare

Pentru lipirea componentelor cu **montare pe suprafață** se foloseşte pasta de aliaj de lipit, formată din aliaj sub formă de pulbere (particule de 20 – 150 μm), înglobate în pasta de flux activat, cu eventual adaos de liant; procedeul este larg folosit în industria electronică. Pasta se depune (prin serigrafie sau prin şabloane) pe punctele (suprafețele) de lipire ale cablajului, apoi se aşează piesele şi se încălzeşte. Pulberea de aliaj se obține prin precipitare chimică, prin injecție de aliaj lichid în vid sau gaz inert, prin ajutaje foarte înguste, prin depunere galvanică sau prelucrare mecanică.

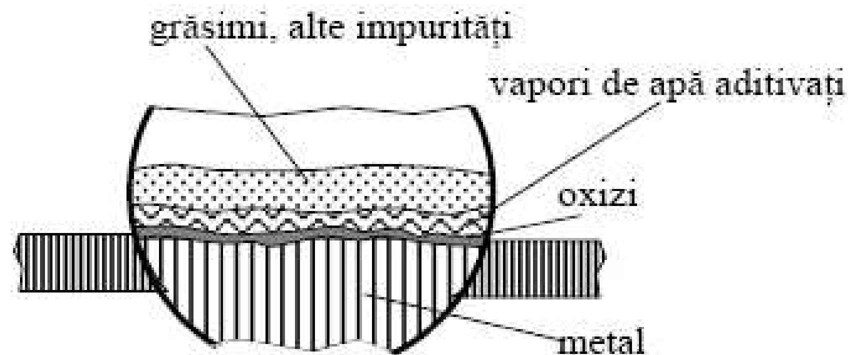


Figura 6.15. Suprafața unui metal nedecapat

Cele mai bune pulberi sunt cele cu particule sferice, dimensiunile optime ale particulelor, procentul de aliaj în pastă, vâscozitatea pastei şi alte caracteristici depind de tehnologia de aplicare şi de lipire.

Pentru anumite aplicații, se furnizează şi aliaj de lipit în formă de folii, benzi sau cu contururi preformate (preforme: inele, cilindrii, sfere), acoperite sau nu cu flux.

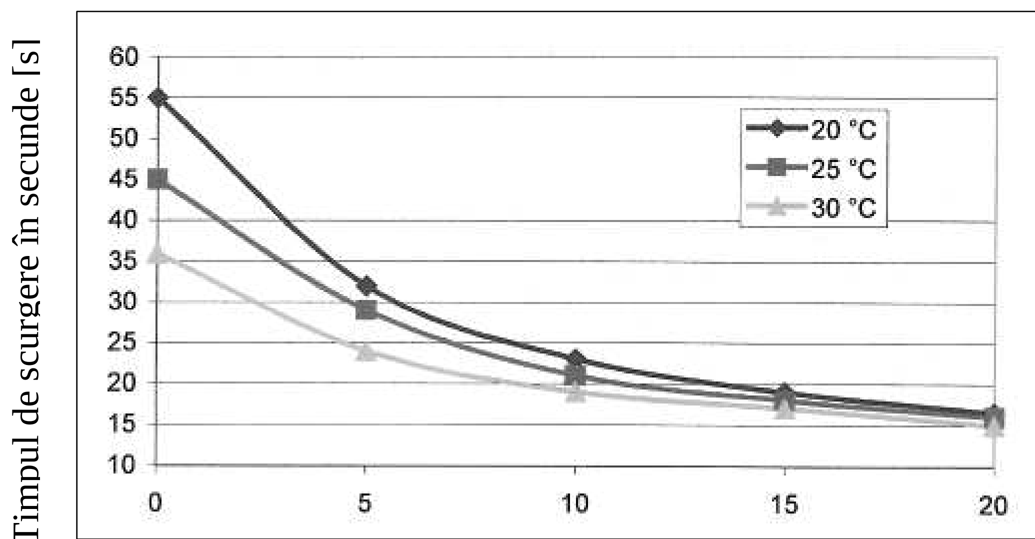
Tabelul 6.1. Fluxuri pentru lipiri cu aliaje Sn+Pb în electronică

Metal/ aliaj de bază	Flux recomandat						Observații
	Flux pe bază de răşină (colofoniu)				Organo-flux	Flux anorganic	
	Neac-tiv	slab acti-vat	Acti-vat	supra acti-vat			
Cupru	✓	✓	✓	✓	✓		Necesită bună curățare
Alamă			✓	✓	✓	✓	Necesită bună curățare
Bronz			✓	✓	✓	✓	
Argint		✓	✓	✓	✓	✓	Uneori trebuie curățat
Aur			✓	✓	✓	✓	Se referă la acoperiri cu aur
Cadmiu			✓	✓	✓	✓	Se referă la acoperiri cu Cd
Cu nichelat				✓	✓	✓	
Cu stanat	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Uneori trebuie curățat
Oțel			✓	✓	✓	✓	
Zinc			✓	✓	✓	✓	
Nichel			✓	✓	✓	✓	

Pentru realizarea lipirii, care implică **difuzia** reciprocă a metalului de bază şi a aliajului, este necesar în primul rând, contactul nemijlocit între cele două materiale şi pentru aceasta este necesară îndepărtarea tuturor impurităților, de pe suprafața metalului de bază (figura 6.15.) şi a aliajului. În al doilea rând, suprafețele trebuie protejate să nu se impurifice în timpul încălzirii, când aliajul este topit.

Aceste funcții, de curățare şi protecție şi în plus de îmbunătațire a umezirii, revin unor substanțe numite fluxuri sau fondanți pentru lipire; în absența acestora lipirea nu se poate realiza. Experiența a arătat că, din punct de vedere al acțiunii fluxurilor slab activate şi neactivate, pe bază de răşină (colofoniu), de departe cele mai folosite în electronică, temperaturile optime sunt în intervalul 235-275°C, valori care coincid cu cele potrivite pentru lipirea cu aliaje Sn (40-65%)+Pb(35-60%); deasemenea, suporturile şi componentele rezistă la aceste temperaturi timp de 10-30 secunde, suficient pentru realizarea lipiturii. La temperaturi în afara intervalului menționat (mai mici sau mai mari) acțiunea fluxului este mult diminuată.

Diagrama următoare (Figura 6.16.) arată relația dintre **vâscozitatea lacului** şi cantitatea de **diluant** care trebuie adăugată.



Cantitatea de solvent adăugată în ECO-BA [% greutate]

Figura 6.16. Diagrama de vâscozitate

Complexitatea modulelor electronice SMT poate fi crescutã prin utilizarea alături de componente SMD “clasice” cu “pitch”-ul de 50 mil (1000 mils =1 inch; 50 mil=1,27mm) a componentelor “fine pitch” (0,5 mm) cu număr mare de terminale sau “ultra fine pitch” (sub 0,5 mm), de tipul QFP (Quad Flat Pack), BGA (Ball Grid Array) sau a componentelor discrete “chip” cu dimensiuni mici de tipul 0603, 0402, 0201, etc.

Subansamblurile SMT “complexe” din ultima categorie amintită se numesc Tip IC, Tip IIC şi Tip IIIC. Această descriere a variantelor de module SMT nu este universal acceptată, dar este cea mai utilizată în industria electronică.

6.4.2. Componente SMD

Componentele cu montare pe suprafață de tipul **pasive** sau **active** nu diferă funcțional de componentele cu terminale pentru inserție (THT), componente devenite acum clasice. Ceea ce le diferențiază este varianta diferită de package (încapsulare) a celor două variante. Componentele SMD asigură o densitate mare de echipare a circuitelor, în special prin dimensiunilor reduse ale acestora. Reducerea dimensiunilor este benefică nu numai pentru economisirea spațiului pe placa de circuit imprimat dar şi pentru reducerea elementelor parazite ale componentelor, componentele SMD având astfel performanțe electrice superioare (acest lucru fiind valabil atât pentru compnentele passive cât şi pentru cele active).

Aşa cum s-a amintit, componentele SMD se montează pe suprafața circuitului imprimat, fără a pătrunde prin găurile metalizate ca în **tehnologia THT.** În acest caz, zona lipiturii asigură pe lângă contactul electric şi robustețea mecanică a asamblării, având un rol decisiv în fiabilitatea produsului electronic.

Componentele SMD sunt destinate celor două mari aplicații: comerciale şi militare. Pentru aplicațiile comerciale, mediul ambient este mai blând şi se pot utiliza şi capsule care nu sunt ermetice. Cerințele de temperatură acoperă intervalul de la 0 la 70°C. Pentru aplicațiile militare sunt necesare încapsulări ermetice care să poată fi utilizate în gama de temperatură -55°C ÷ +125°C. Capsulele ermetice sunt scumpe şi se utilizează numai pentru produse cu grad înalt de fiabilitate. La realizarea acestora trebuie utilizate materiale cu coeficient de dilatare compatibil cu cel al substratului pe care vor fi montate. Există desigur şi produse la care se pot utiliza componente din ambele categorii pentru a satisface anumite cerințe de fiabilitate impuse.

O altă caracteristică comună componentelor SMD este solicitarea termică sporită a lor față de componentele THT în timpul procesului de lipire. Această solicitare le face mai sensibile la apariția de crăpături datorate umidității. Crăpăturile se produc atunci când umiditatea acumulată în componentă este eliberată brusc la apariția şocului termic provocat de procesul de lipire.

Pe de altă parte, la lipirea prin **procedeul "reflow",** termințiile componentelor SMD sunt mai puțin solicitate termic decât terminalele componetelor THT la lipirea în val, temperatura componentelor SMD în timpul lipirii fiind mai redusă. De aceea, cerințele privind solderabilitatea sunt mai mari pentru componentele SMD. Acest fapt este accentuat şi de tendința actuală de diminuare a utilizării fluxurilor active la asamblarea componentelor SMD. Altă caracteristică a componentelor SMD este faptul că, datorită dimensiunilor mici, marcarea lor este mai dificilă, în special pentru componente discrete. Dacă se pierde posibilitatea de identificare a acestora, atunci de cele mai multe ori componentele nu se mai utilizează.

Desigur, este posibilă măsurarea lor, dar este o operație mare consumatoare de timp. Dimensiunile mici ale componentelor şi posibilitățile limitate de identificare fac să se prefere plasarea automată a acestora.

În ceea ce priveşte componentele passive SMD există câteva categorii importante cum ar fi: rezistoare în straturi groase sau cu peliculă metalică, condensatoare ceramice, condensatoare electrolitice cu tantal, alături de care se impun şi mai nou venitele condensatoare cu aluminiu, rezistoare (semi)reglabile, condensatoare (semi)reglabile, inductoare, ş.a.

Formele cele mai utilizate ale componentelor pasive sunt cele dreptunghiulare şi cilindrice. Componentele pasive SMD au fost foarte repede asimilate şi utilizate în produse deoarece ocupă pe cablajul imprimat un spațiu egal cu jumătate din cel necesar pentru o componentă THT.

În plus, ele se pot plasa pe faţa inferioară a circuitului imprimat ca în cazul plăcilor SMT de tipul 2 sau 3. Masa acestor componente este de circa 10 ori mai mică dacât a componentelor similare cu terminale. Componentele SMD au fost utilizate pe scară largă în Japonia pentru industria bunurilor de larg consum şi în SUA în industria automobilelor, preţul lor scăzând astăzi sub preţul componentelor THT.

Cele mai utilizate tipuri de **rezistoare** pentru montarea pe suprafaţă sunt rezistoarele cu formă prismatică rectangulară, rezistoare cunoscute sub numele de “chip”. În prezent se utilizează două mari categorii de rezistoare dreptunghiulare pentru montarea pe suprafaţă: cu straturi groase (thick-film) şi cu straturi subţiri sau cu peliculă metalică (thin film).

Rezistoarele cu straturi groase sunt realizate prin depunerea serigrafică a unei paste rezistive (în general bazată pe dioxid de ruteniu) pe un substrat plan de alumină cu puritatea de 96%. Toleranţa dorită se obţine prin ajustare cu laser. La rezistoarele cu straturi subţiri elementul rezistiv este o peliculă de aliaj (de obicei Ni-Cr) pulverizată în vid pe un substrat izolator din alumină de înaltă puritate, mai mare de 99,6%.

În partea superioară există o glazură sticloasă de pasivizare. Contactarea terminalelor se face prin intermediul unui strat de aderenţă depus, utilizând o pastă de Ag-Pd. Terminalele sunt reprezentate de un strat de lipire din Sn-Pb cu un procent mai mare de Pb decât aliajul eutectic. Acest strat este depus de regulă prin imersarea componentei în topitură sau soluţie chimică. Stratul de barieră de nichel are un rol deosebit în a preveni dizolvarea stratului de argint sau de aur în aliajul de lipit ca urmare a încălzirii din timpul lipirii.

Stratul pasivizat superior are un rol deosebit în disiparea căldurii şi trebuie întotdeauna să fie montat corespunzător, spre spaţiul liber, nu spre substrat. Rezistoarele în straturi groase se produc uzual cu toleranţe de la 1% la 20%. Coeficentul de variaţie cu temperatura este de regulă cuprins între ±200 ppm/°C şi 50 ppm/°C, având valori ceva mai mari pentru valori ale rezistenţei peste 1 MΩ.

Rezistoarele cu straturi subţiri au toleranţe mai mici, sub 1% (0.5%, 0.25%) iar coeficienţii de variaţie cu temperatura sunt mai buni de ±25 ppm/°C. domeniul de valori uzual este cuprins între 1Ω şi 100 MΩ iar puterile nominale au valorile de 1/20, 1/16, 1/10, 1/8, 1/4 W. Valorile sub 1Ω şi peste 10 MΩ sunt împărţite de obicei în categorii aparte, numite în engleză “low ohmic”, respectiv “high ohmic”, toleranţa acestor rezistoare fiind ceva mai mare decât a seriei standard.

Familia rezistoarelor rectangulare “chip” este completată de o componentă aparte, care este rezistorul cu valoarea nominală de zero ohmi, care este utilizat ca jumper. Construcţia acestor rezistoare este identică cu cea a rezistoarelor normale doar că elementul rezistiv este înlocuit cu un material conductor. Pentru aceste componente se precizează curentul nominal şi rezistenţa maximă admisă care este în general mai mică de 50 mΩ.

Specificarea **rezistoarelor tip "chip"** se face prin denumirile stabilite de standardele EIA (Electronic Industries Association). Denumirile reflectă dimensiunile componentelor exprimate în sutimi de inch. De exemplu, componenta codificată cu 1206 are lungimea de 120 mils şi lăţimea de 60 mils. Trebuie făcută observaţia că uneori tipul componentelor "chip" se precizează în sistemul metric, acest fapt putând duce la unele confuzii. De exemplu rezistorul cu codul 1608 în sistemul metric are lungimea de 1,6 mm şi lăţimea de 0,8 mm, fiind practic echivalent cu tipul 0603 în codificarea EIA. Deşi tipurile de componente pot varia de la un producător la altul, se poate generaliza că rezistoarele 0201/0402 au puteri nominale de 1/20W, 0402/0603 de 1/16W, 0805 de 1/10W, 1206 de 1/8W şi 1210 de 1/4W. Pentru rezistoarele jumper curentul nominal este de 1A, pentru tipurile 0402, 0603,0805 şi de 2A pentru tipul 1206.

Rezistoarele SMD se livrează de regulă în benzi şi role ("tape and reel") sau în vrac (bulk). În general, pentru rezistoarele mai mari ca 0805 valoarea nominală se marchează, iar pentru dimensiunile mai mici ca 0603 nu. Marcarea se realizează codificat respectând în general standardele internaţionale, dar pot fi întâlnite şi coduri specifice de firmă, iar pentru înlăturarea eventualelor ambiguităţi ce pot să apară, este indicat ca pentru fiecare tip de componentă să fie consultat catalogul firmei producătoare, unde este prezentat modul de marcare.

Alături de varianta rectangulară „chip" se utilizează pentru rezistoarele cu montare pe suprafaţă şi forma cilindrică cunoscută sub denumirea de **MELF (**Metal Electrode Face). Uneori se utilizează şi denumirea Metal Electrode (Leadless) Face-bonded. În varianta MELF se pot întâlni atât rezistoare cât şi diode, condensatoare ceramice şi cu tantal. **Rezistoarele MELF** sunt de obicei rezistoare cu straturi subţiri (peliculă metalică) depuse pe un corp cilindric din ceramică de tipul aluminei de înaltă puritate (99,6%). Există însă şi rezistoare MELF cu peliculă de carbon pentru care se poate utiliza o ceramică cu puritate de 85%. Pentru stabilirea valorii reistenţei are loc o operaţie de spiralizare realizată cu un fasciol laser, operaţie identică cu cea de la rezistoarele cilindrice THT.

Reţelele rezistive pentru montare pe suprafaţă sau **R-pack** se utilizează pentru a înlocui un număr mare de rezistoare discrete. Un alt avantaj imporatant pe lângă economia de spaţiu, este dat de faptul că rezistoarele au toleranţe similare, variaţii cu temperatura similare şi sunt practic la aceeaşi temperatură a substratului.

Variantele actuale sunt derivate din capsulele SOIC cu 16 sau 20 pini având o putere nominală ce variază de la 1/2W la 2W pe capsulă. Fiind utilizate destul de rar, reţelele rezistive SMD au rămas componente relativ scumpe.

O alternativă la **reţelele rezistive în capsule SOIC** o constituie, mai nou apărutele arii sau matrici rezistive (resistive arrays). Mai nou au apărut variaţii de la aceste dimensiuni în scopul integrării a cât mai multe rezistoare.

Principalele tipuri de conectare a rezistoarelor în interiorul componentei sunt cele de tip izolat-rezistoare independente, sau de tip „bus” cu un terminal comun tuturor rezistoarelor. Există însă şi configuraţii speciale cum ar fi reţele de atenuare tip „T”, în punte, etc.

Condensatoarele ceramice fără terminale au fost utilizate mult înaintea apariţiei tehnologiei montării pe suprafaţă, în montaje din radiofrecvenţă, fiind preferate condensatoarelor cu terminale pentru inductanţa lor parazită mai mică. Condensatoarele SMD au fost utilizate la început pentru decuplarea circuitelor logice, fiind plasate pe faţa cu lipituri, imediat sub circuitele integrate.

Pentru varianta SMD, se utilizează în cvasitotalitatea cazurilor condensatoare ceramice multistrat „chip’ cunoscute sub denumirea **MLC** (Multilayer Chip Capacitor). Aceste condensatoare s-au impus pentru capacitatea specifică mare obţinută, fapt ce permite o mai bunã utilizare a suprafeţei disponibile pe placa de circuit imprimat. Construcţia acestor condensatoare este prezentatã în figura 6.17.

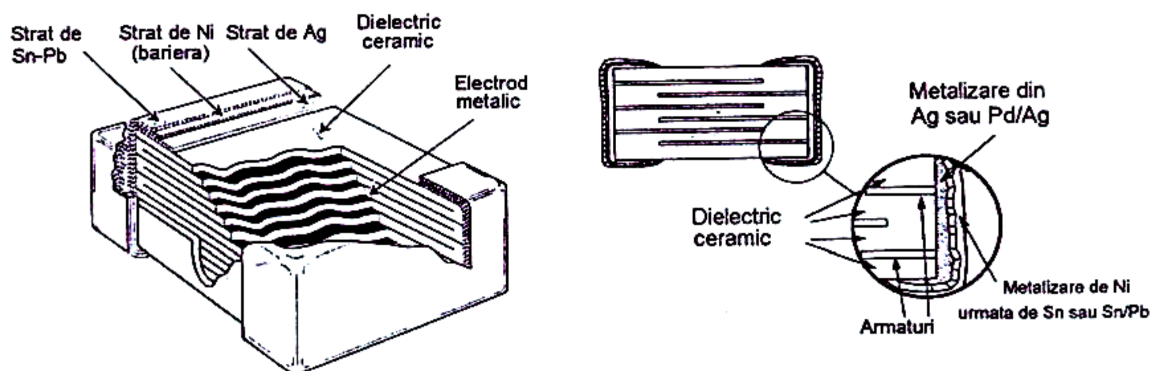


Figura 6.17. Condensatoare multistrat ceramice de tip “chip”

Condensatoarele multistrat ceramice sunt construite prin stratificarea unor folii dielectrice ceramice care prezintă depuneri conductoare metalice, cu rol de armături, folii aflate în stare „verde”.

Depunerea armăturilor se realizează prin serigrafie şi este concepută astfel încât, după tăierea foliilor, la un capăt să existe un spaţiu de gardă. Foliile se aranjează apoi astfel încât zona terminală să alterneze. Forma finală „chip” se obţine după presare, tăiere şi tratament termic (sinte-tizare) la circa 1200°C. Pentru contactare, se utiliziează ca şi în cazul rezistoarelor un strat de argint sau argint-paladiu urmat de un strat de barieră de nichel, strat peste care se realizează metalizarea finală cu Sn-Pb sau Sn, în funcţie de cerinţele de lipire. Depunerea de nichel previne dizolvarea stratului de argint în stratul exterior de Sn-Pb sau Sn.

Materialele ceramice de tip I sau II fiind cele mai utilizate la fabricarea condesatoarelor, detemină şi modul de utilizare în circuit: condensatoare cu rol de control (al frecvenței, al duratei impulsurilor, etc.) respectiv condensatoare de filtrare/ decuplare. Pentru aplicații unde se cere o bună stabilitate într-un domeniu extins de temperatură se utilizează condensatoarele cu delectric ceramic de tip I. În aplicații unde este necesar să utilizăm o capacitate mai mare, concentrată într-un volum mai mic, iar stabilitatea acesteia cu temperatura este mai puțin imporatantă se utilizează condensatoarele de tip II.

Cel mai utilizat **dielectric de tip I** pentru condensatoarele SMD este cel codificat COG (sau NP0). Variația capacității cu temperatura pentru condensatoarele COG este de ±30ppm/°C, ceea ce înseamnă o abatere relativă a capacității de ±0.3% între -55°C şi +125°C. Aceste condensatoare prezintă de asemenea pierderi foarte mici ($tg\delta<10^{-3}$) şi independente de frecvență. Capacitățile nominale ale acestora variază de la 0.47 pF la 47 nF iar dimensiunile capsulei de la 0201 la 2225 (cod EIA).
Cele mai întâlnite materiale dielectrice de tip II sunt X7R, Y5V şi Z5U.

Ceramica de tip II cu codificarea X7R, mai este denumită şi „stabilă" cu temperatura, termenul fiind inclus între ghilimele deoarece stabilitatea se raportează la alte variante de ceramică de tip II. Abaterea relativă a capacității cu temperatura este cuprinsă în intervalul de ±15% între -55°C ÷ +125°C. Variația capacității în acest interval este neliniară şi în plus depinde de tensiunea şi de frecvența de lucru. Pierderile acestor condensatoare exprimate prin tangenta unghiului de pierderi pot ajunge până la 5%.

Condensatoarele realizate cu ceramică Y5V sunt de uz general având un domeniu ceva mai îngust de temperatură decât condensatoarele X7R. Variația cu temperatura este foarte mare fiind cuprinsă între +22% şi -88% în domeniul temperaturilor de lucru care sunt cuprinse între -30°C şi +85°C. Condensatoarele Y5V prezintă cea mai mare capacitate specifică dintre toate condensatoarele ceramice multistrat, şi sunt utilizate în special în aplicații de tip decuplare a circuitelor integrate.

Ceramica de tip II cu indicativul Z5U este numită „de uz general" şi este destinată utilizării într-un domeniu limitat de temperatură unde dimensiunile mici şi costul sunt factori esențiali.

Condensatoarele realizate cu ceramica Z5U au variații mari ale capacității sub influența factorilor de mediu sau a solicitărilor electrice ce apar în timpul funcționării. Aceste condensatoare se situează între condensatoarele realizate cu X7R şi Y5V în ceea ce priveşte stabilitatea şi capacitatea specifică, fiind un compromis între stabilitate, dimensiune şi preț. De asemenea, aceste condensatoare au o inductanță parazită serie (ESL) şi o rezistență serie (ESR) cu valori reduse, ceea ce le recomandă pentru decuplarea circuitelor logice.

Domeniul de temperatură pentru condensatoarele multistrat ceramice Z5U este cuprins între +10°C şi +85°C, domeniu în care abaterea relativă maximă a capacităţii este cuprinsă între +22% şi -56%.

Capacităţile condensatoarelor tip II variază de la 100pF la 4,7 µF pentru X7R, de la 1nF la 22 mF pentru Y5V şi de la 10 pF la 4,7 µF pentru Z5U. Desigur aceste valori trebuie luate cu titlu informativ, fiecare firmă putând produce condensatoare cu domenii de valori şi dimensiuni diferite.

Dimensiunile plane ale **condensatoarelor ceramice tip „chip"** sunt aceleaşi cu cele ale rezistoarelor. Există însă deosebiri în ceea ce priveşte înălţimea acestor componente, condensatoarele având înălţime dublă faţă de cea a rezistoarelor. Înălţimea diferită a condensatoarelor face ca pastilele de lipire să fie diferite pentru condensatoare şi rezistoare, chiar dacă au aceleaşi dimensiuni plane.

În ultimul timp, **condensatoarele multistrat**, în special cele produse de firme importante, se marchează printr-o inscripţionare cu laser. Codul conţine una sau două litere şi o cifră. Prima literă, care poate lipsi, este codul producătorului (de exemplu A pentru AVX, V pentru Vishay Vitramon, K pentru Kemet, ş.a.). cea de-a doua literă exprimă cifrele semnificative ale valorii capacităţii, iar cifra reprezintă codul multiplicatorului adică puterea (exponentul) lui 10 necesar pentru a exprima capacitatea în picofarazi. De exemplu, J5 reprezintă un condensator având un producător neprecizat cu valoarea de $2.2 \cdot 10^5$ pF adică 220 nF iar un condensator marcat KA3 este un condensator produs de firma Kemet cu valoarea de 1 nF ($1,0 \cdot 10^3$ pF).

În ceea ce priveşte identificarea tipului **condensatoarelor SMD ceramice multistrat,** care nu sunt marcate, se poate folosi ca indiciu culoarea corpului lor, care este de regulă culoarea dielectricului. Condensatoarele tip I pot avea culorile: gri, alb, violet, maro-roşiatic iar cele de tip I maro-roşiatic sau maro închis.

Condensatoarele multistrat ceramice sunt componente destul de fiabile, dar pot prezenta în timp crăpături, în special în zona terminalelor. Aceste crăpături pot fi cauzate de suprasolicitare termică (la lipirea în val) sau suprasolicitare mecanică. Solicitările mecanice se pot detora fie lipirii defectuoase, fie unui aliaj de lipit distribuit neuniform sau în exces. Condensatoarele ceramice sunt livrate în benzi (role), cea mai des utilizată este banda de 8 mm. Există şi varianta de livrare „în vrac" într-o cutie (casetă) care se poate ataşa la maşina de plantare automată.

În varianta pentru montare pe suprafaţă au fost realizate şi condensatoare cu folii plastice dielectrice **(„film capacitors").** Construcţia cea mai convenabilă a fost cea cu folii metalizate, iar dintre diversele materiale posibile cel mai utilizat este poliesterul sau polietilentereftalatul cunoscut sub denumirea comercialã de mylar. Condensatoarele cu folie în varianta SMD sunt condensatoare de uz general, care se utilizează în aplicaţii de curent alternativ sau continuu, de joasă sau medie tensiune, unde sunt cerinţe deosebite privind miniaturizarea.

Aplicații tipice sunt în domeniul aplicațiilor auto, telecomunicații şi în domeniul aplicațiilor industriale de conversie a energiei.

Capacitatea **conensatoarelor cu mylar** variază considerabil cu temperatura, fiind de cca. ±5% pe întregul interval al temperaturilor de lucru, interval care este în general cuprins între -55°C şi +100°C, existând şi condensatoare cu limita maximă de temperatură de +125°C.

Construcția condensatoarelor se bazează pe o structură stratificată (multistrat) neprotejată de folii de mylar metalizat, rezistent la temperaturi ridicate, rezultând în final o formă tip „chip”. Este posibil să se realizeze şi ovariantă protejată prin turnare în răşină.

Dimensiunile condensatoarelor se aleg astfel încât să corespundă unor dimensiuni mici, compatibile cu maşinile de plasare automată. Aceste condensatoare sunt compatibile cu procesul tehnologic reflow. Prin elasticitatea corpului lor sunt compatibile cu multe tipuri de materiale utilizate la realizarea circuitelor imprimate.

Condensatoarele cu folii metalizate prezintă proprietatea de autoregenerare, armăturile fiind straturi metalice subțiri care se evaporă local în cazul apariției unei străpungeri, fiind astfel componente foarte fiabile. Datorită structurii lor multistrat inductanța parazită şi rezistența echivalentă serie a lor are valori mici.

Condensatoarele electrolitice cu tantal în varianta SMD se utilizează atunci când în aplicații se doreşte o capacitate mare şi stabilă. Varianta constructivă care s-a impus în practică, este varianta cu corp de plastic mulat cu terminalele îndoite sub corpul componentei. Condensatoarele de acest tip (**condensatoare mulate** - „Molded Capacitors”) mai sunt numite tip cărămidă („brick”).

Corpul condensatoarelor mulate prezintă o teşitură ca o indicație a polarității.

Construcția condensatoarelor este similară cu cea a condensatoarelor electrolitice cu tantal în varianta THT, fiind construit în jurul electrodului anodic din tantal sinterizat. Există două clase de valori numite standard şi exstinsă, în fiecare clasă fiind patru dimensiuni ale capsulei codificată cu literele de la A la D. Dimensiunile şi codificarea acestor condensatoare sunt valori exprimate în inch.

Capacitatea condensatoarelor cu tantal variază de la 0,1 la 100 µF iar tensiunea nominală de la 4 la 100 Vcc. Condensatoarele cu tantal pot fi livrate în formă „vrac” în tăvi şi în role cu bandă. Pentru a asigura polaritatea corectă se preferă varianta în role cu bandă, dimensiunile uzuale fiind de 8 şi 12 mm.

Este de remarcat că unele firme produc condensatoare cu tantal de mici dimensiuni, în **varianta „chip”**, asemănătoare condensatoarelor ceramice, de regulă cu codurile 0603 şi 0805.

Acest tip de condensatoare se realizează de regulă pentru tensiuni nominale mici (< 10V), dar diferența de dimensiuni față de varianta mulată în plastic este evidentă. Marcarea polarității la aceste condensatoare se face cu o bandă colorată.

În varianta SMD, sunt disponibile şi condensatoare electrolitice cu aluminiu. Ele au dimensiuni ceva mai mari decât condensatoarele electrolitice cu tantal, la aceleaşi capacități şi tensiuni nominale. De asemenea, parametrii electrici cum ar fi: variația cu temparatura şi curentul de fugă sunt inferiori condensatoarelor cu tantal. Condensatoarele electrolitice cu aluminiu se utilizează însă acolo unde nu este posibilă utilizarea condensatoarelor cu tantal. Condensatoarele electrolitice cu aluminiu se pot utiliza în circuite de alimentare sau în alte circuite cu solicitare în impulsuri. Există două variante constructive mai importante: tip cărămidă, asemănătoare tipului cu tantal mulat, având corpul orizontal, şi tipul cu placă de bază, cu corpul vertical.

Condensatorul este realizat prin rularea (bobinarea) a două foi de hârtie ca izolator. Bobina impregnată în electrolit este apoi încapsulată într-un tub de aluminiu, care în final se încapsulează în material plastic. Construcția variantei cu corp vertical este similară, în acest caz tubul de aluminiu ce conține condensatorul propriu-zis se ataşează unei plăci de bază de plastic, cu rol în susținerea terminalelor şi în fixarea pe placa de circuit imprimat.

Marcajul cu bandă colorată pe corpul condensatorului, indică terminalul anodic. Capacitatea nominală a condensatoarelor electrolitice cu aluminiu variază în funcție de dimensiune, de la 0,47 µF la 1000 µF iar tensiunea nominală de la 6,3 la 100 Vcc.

6.4.3. Tehnologia de fabricație a tranzistoarelor

Etapele procesului tehnologic de realizare a **tranzistoarelor** sunt reprezentate succint în cele ce urmează şi în figura 6.18.

Suprafața ocupată pe o plachetă de un tranzistor este de cca. 1 x 1 mm^2, în funcție de diametral plachetei se realizează simultan 1000 - 2500 bucăți care se separă în final.

a) Procesul tehnologic începe cu o curățire a plachetelor de siliciu puternic dopat n, având o grosime de cca. 0,1 - 0,25 mm;

b) Se realizează, prin creştere epitaxială, un strat de siliciu slab dopat n, cu o grosime de cca. 10 µm;

c) Se oxidează placheta la suprafață, formându-se un strat de SiO_2 de cca. 1 - 2 µm grosime. Aceasta se realizează prin oxidarea plachetei în atmosferă de vapori de apă supraîncălziți (eventual oxigen) sau prin evaporarea în vid a monoxidului de siliciu. Oxidul de siliciu va servi pe parcursul procesului tehnologic drept ecran, întrucât, el nu permite impurificarea siliciului pe care îl acoperă. În zonele unde vor fi realizate joncțiuni trebuie înlăturat oxidul de siliciu şi pentru aceasta se foloseşte procedeul fotografului (fotolitografiei).

d) Se realizează depunerea unui strat de fotorezist. Aceasta este o substanță organică, în care sub influența luminii cu o anume compoziție spectrală se produc anumite modificări fizice sau chimice. Dacă solubilitatea fotorezistului creşte în urma expunerii la lumină, acesta este numit pozitiv. În caz contrar este numit negativ.

Se face apoi expunerea fotorezistului la lumină (bogată în radiație ultravioletă) prin intermediul unui fotoşablon (fotomască).

În zonele luminate fotorezistul poate fi apoi dizolvat chimic, iar în zonele opace ale fotoşablonului fotorezistul rămâne.

e) Urmează corodarea oxidului de siliciu cu acid fluorhidric, realizându-se ferestre în stratul de oxid. Se înlătură apoi fotorezistul rămas, prin dizolvare.

f) Se realizează impurificarea cu atomi acceptori. În dreptul ferestrelor se obțin zone cu conducția de tip p; în acest fel se obțin joncțiunile p-n ce corespund joncțiunilor bază - colector.

g) Se oxidează din nou şi prin tehnica fotogravurii se execută noi ferestre în stratul de oxid cu dimensiuni mai mici, corespunzătoare zonelor în care se realizează emitorii.

h) Se execută o nouă dopare realizându-se emitorul (dopare puternică tip n). Adâncimea de pătrundere este redusă; se formează cu această ocazie joncțiunile emitor - bază.

i) Se oxidează din nou siliciul şi prin tehnica fotogravului se execută ferestrele corespunzătoare pentru baze şi emitor. j) Se acoperă cu un strat de aluminiu peste toată placheta, de regulă prin depunere în vid. Folosind procedeul de fotogravură se îndepărtează aluminiul din zonele de prisos, rămânând numai contactele pentru bază şi emitor. Pe fața cealaltă a pastilei aceasta se subțiază (corodare) până la o grosime de 100 µm.

k) Se execută operații de control a parametrilor electrici, astfel încât pastilele (cipurile) necorespunzătoare să fie eliminate înaintea încapsulării.

Placheta de siliciu este apoi zgâriată cu un vârf de diamant şi prin presare pe un suport elastic se fisurează, separându-se aşchiile (chipurile) care conțin fiecare câte un tranzistor. Se fixează conexiunile la terminale - realizate cu fir de aluminiu sau aur foarte subțire.

Procesul tehnologic cuprinde, în concluzie, două difuzii şi trei operații de fotogravură. Ultimele operații sunt încapsularea şi marcarea.

Tranzistoarele cu efect de câmp (FET - Field Effect Tranzistor) au o structură mai simplă decât cele bipolare.

Ele se realizează în două variante:

– tranzistoare cu grilă - joncțiune (J-FET);

– tranzistoare cu grilă (poartă) izolată cu un strat de oxid de siliciu (MOS-FET) care sunt cu mult mai utilizate.

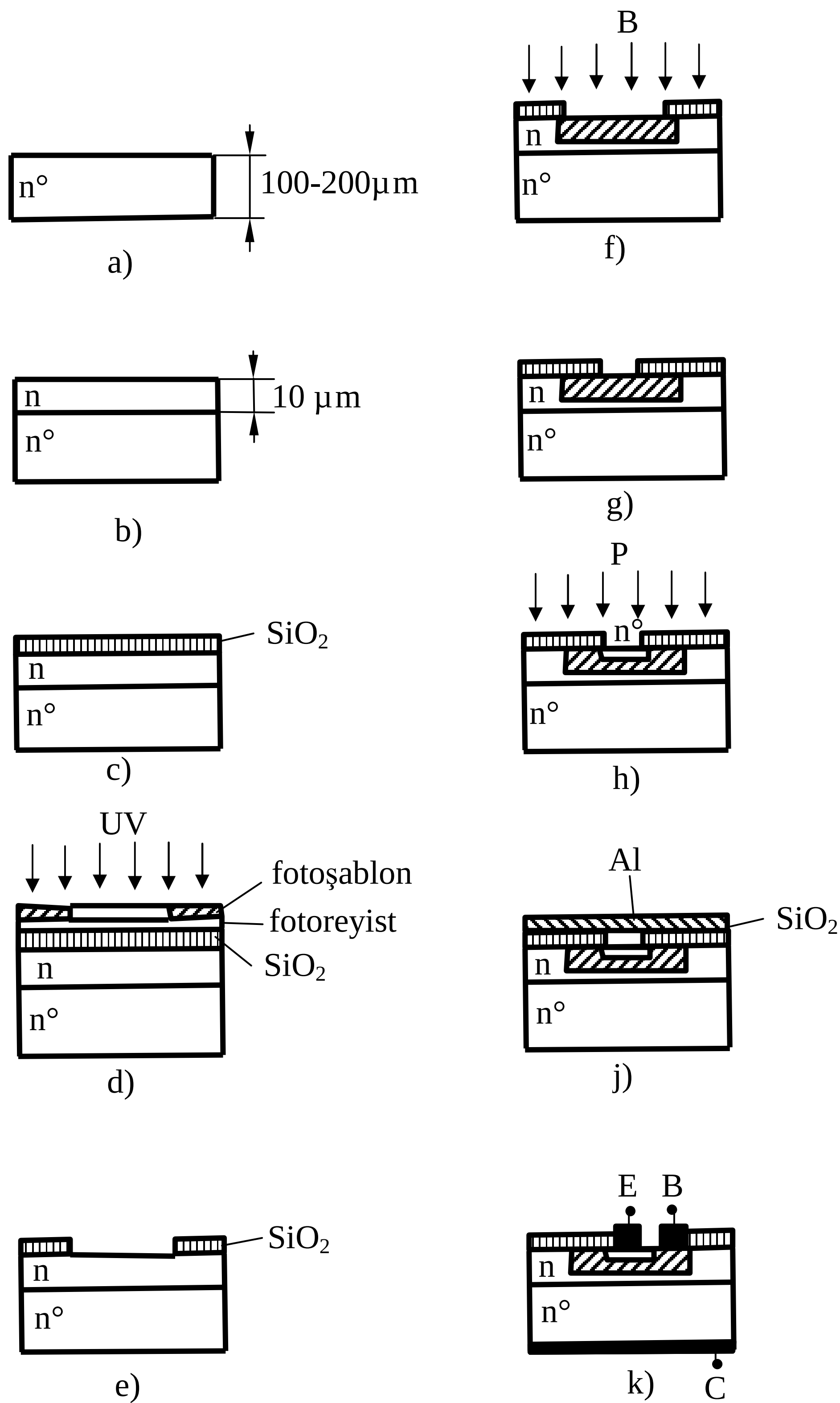


Figura 6.18. Tehnologia de fabricare a tranzistoarelor.

Funcționarea tranzistorului se bazează pe efectul câmpului electric stabilit de potențialul grilei. Dacă grila este nealimentată între sursă şi drenă nu circulă curent. La polarizarea negativă a grilei, electronii din zona ei sunt respinşi şi golurile din zona sursei atrase, ceea ce face ca între grilă şi drenă să apară un canal conductor. Potențialul grilei controlează deci conductivitatea cristalului semiconductor - funcționarea este asemănătoare cu acea a unei triode.

Din punctul de vedere al procesului tehnologic se observă că pentru realizare este suficientă o singură dopare (de tip p puternic), de aceea aceste tranzistoare sunt mai simple.

Tehnologia cuprinde aceleaşi operații ca şi la tranzistoarele bipolare, fiind însă necesare doar o difuzie (sau implantare ionică) şi două operații de fotogravură (una pentru realizarea joncțiunilor şi una pentru asigurarea contactelor la sursă, drenă şi realizarea grilei).

6.4.4. Tehnologia circuitelor integrate

Circuitul integrat reprezintă un ansamblu de elemente pasive şi active de circuit, interconectate între ele, realizate într-o pastilă de semiconductor (chip), având o funcționalitate distinctă.

O primă clasificare a circuitelor integrate se face după modul de funcționare în:

– circuite integrate **analogice,** care primesc şi livrează cu o gamă continuă de valori. Se folosesc în special la amplificarea semnalelor precum şi la prelucrarea lor;

– circuite integrate **digitale**, care primesc şi livrează semnale cu numai două valori (0 şi 5 V) notate convențional 0 şi 1. Se folosesc la prelucrarea semnalelor ce au fost codificate binar.

O altă clasificare se face după **gradul de integrare**, reprezentat de numărul de componente integrate într-un singur chip; clasificare prezentată în tabelul 6.2.

Procedeele tehnologice folosite în fabricarea circuitelor integrate au cunoscut o continuă perfecționare. Actualmente există mai multe **familii tehnologice** de circuite integrate. O familie tehnologică este reprezentată de un grup de produse, cu funcționalități diferite, realizate prin aceleaşi procedee tehnologice.

Cele mai importante familii tehnologice sunt: – **Circuitele integrate bipolare** , realizate în tehnologia planară, tranzistoarele fiind bipolare. Se execută circuite integrate logice şi analogice. Această familie tehnologică, care foloseşte aceleaşi tehnologii cu tranzistoarele bipolare, a fost istoric prima dezvoltată, având la ora actuală un cost relativ redus şi viteze de comutație, respectiv frecvențe de lucru ridicate. Ca dezavantaje se menționează gradul redus de integrare şi consumul relativ mare de energie în funcțiune.

Circuitele integrate MOS (Metal Oxid Semiconductor) sunt realizate în tehnologia planară şi au drept constituent de bază tranzistoarele cu efect de câmp.

Aceste circuite integrate sunt digitale şi permit un grad ridicat de integrare, au o fabricaţie simplă, un cost redus şi un consum de energie în funcţiune foarte mic. Ca dezavantaje se pot menţiona o viteză medie de comutaţie, putere mică la ieşire şi faptul că nu sunt potrivite pentru utilizări analogice.

Tabelul 6.2. Gradul de integrare a circuitelor electronice

Categoria	Nr. el/chip	Exemple	
		digitale	analogice
Circuite integrate standard (S.S.I.)	1 - 100	Circuite logice basculante	Amplificatoare operaţionale, stabilizatoare multiplicatoare
Circuite integrate pe scară medie (M.S.I.)	100 -1000	Numărătoare memorii 256 bit	Convertoare analog Numerice numeric/analogice
Circuite integrate pe scară largă (L.S.I.)	1000 – 10 000	Memorii; Microprocesoare 8 bit	Interfeţe
Circuite integrate pe scară foarte largă (VL.S.I.)	10 000 - 100 000	Microprocesoare 16 bit calculatoare	
Circuite integrate pe scară f.f. largă (U.L.S.I.)	> 100 000	Calculatoare	

Există mai multe variante, care depind de tipul tranzistoarelor folosite anume p-MOS, n-MOS (conducţie de tip p-n) şi C-MOS (folosind în acelaşi circuit tranzistoare complementare p şi n).

Circuitele integrate MOS pe substrat izolant sunt realizate de asemenea în tehnologia planară. Drept suport este folosit un material izolant (de exemplu safirul denumirea fiind în acest caz MOS - SOS “Silicon On Sapphire”), circuitul integrat fiind realizat într-un strat subţire de siliciu depus epitaxial pe suport.

Acest tip de circuite integrate permit un grad foarte mare de integrare, consumă o putere foarte mică şi au un timp de comutaţie foarte mic, dar au un cost ridicat şi o tehnologie mai pretenţioasă.

6.5. Procese tehnologice neconvenționale

Metodele electrice de prelucrări neconvenționale sunt acelea prin care distrugerea sau îndepărtarea materialului, transportul, modificarea formei şi transformarea structurală se produc sub influența energiei electrice introdusă direct în zona de prelucrare, fără transformări prealabile ale ei într-o altă formă de energie. Electrotehnologia este bazată pe folosirea energiei electrice transformată în energie termică sau chimică, în scopul acțiunii directe asupra obiectului supus prelucrării.

Prelucrările electrice se clasifică astfel:

a) electrochimice;

b) electrotermice (electrocorozive): electroeroziunea şi electroîncărcarea;

c) electromecanice.

A. Prelucrarea electrochimică se bazează pe fenomenele chimice produse la trecerea curentului pe suprafața unor electrozi scufundați în electrolit. Cele mai răspândite metode electrochimice sunt: lustruirea, depunerea, reproducerea (formare), decaparea şi rectificarea.

Astfel, spre exemplu deosebirea între o suprafață lustruită electric față de una lustruită mecanic constă în lipsa stratului subțire ecruisat. De asemenea, se constată o netezire a profilului microasperităților, înălțimile, maxime fiind date în tabelul 6.3.

Tabelul 6.3. Înălțimea asperităților la lustruirea electrochimică

Starea suprafeței	Înălțimea maximă a asperităților [μm]							
Inițială	6,7	8,6	10,0	15,0	20,0	30,0	63,0	158,0
După lustruire	0,68	0,56	0,74	2,3	9,0	10,5	11,9	95,1

B. **Prelucrarea prin metode electrotermice** constă în erodarea metalelor ca urmare a descărcărilor electrice prin scântei, emise periodic printr-un dielectric, între doi electrozi (anodul fiind piesa, iar catodul fiind scula) ce se găsesc sub tensiune continuă sau alternativă.

Scânteia este obținută prin încărcarea bateriei de condensatoare la 20...250 V, după care se micşorează distanța între electrozi până la producerea descărcării. Fluxul de electroni ce se deplasează cu viteza mare de la catod, loveşte anodul. Procesele termice şi dinamice produse prezintă un caracter de explozie, manifestându-se prin ruperea, topirea şi împroşcarea sub formă de picături, cum şi prin evaporarea parțială a anodului în zona de lucru.

Indicii tehnologiei şi procesului de prelucrare prin eroziune sunt: productivitatea dislocării de material, precizia prelucrării, calitatea suprafeței.

Funcție de schemele de lucru folosite şi de modul de alimentare cu energie electrică, se deosebesc de metoda de prelucrare electrotermice: prin scântei electrice, prin impulsuri, anodomecanică şi prin rezistență electrică.

C. Prelucrarea electromecanică

În timpul prelucrării prin **aşchiere electromecanică** se produce o mare cantitate de căldură datorită deformării metalului şi frecării. La aşchiere se deformează în mod special stratul superficial, care se separă sub formă de aşchii, din care cauză mare parte din căldura dezvoltată se îndepărtează cu aşchia.

În acelaşi timp concentrarea de căldură în stratul superficial măreşte proprietățile plastice ale metalului, uşurează aşchierea. Din aceste motive s-au căutat metode artificiale de încălzire a stratului superficial prin:

– căldura rămasă la operațiile precedente;
– încălzirea totală a pieselor înainte de prelucrare;
– încălzirea locală în timpul aşchierii.

Din cauza adâncimii mari de încălzire primele două metode sunt indicate pentru operații de degroşare, iar netezirea foloseşte ultima metodă de încălzire. Constă în aducerea curentului la muchea cuțitului, putându-se concentra o mare cantitate de căldură, dată de relația: $Q = 0{,}24\, I^2 \cdot R \cdot t.$ (6.2.)

Pentru aşchierea electromecanică se folosesc strunguri de orice fel, cu suficientă rigiditate şi precizie. Procesul de lucru este analog strunjirii obişnuite. De regulă se lucrează la viteza de 100 m/min, rezultând o densitate de curent la contactul cuțit-piesă de 120 A/mm^2. Avantajele prelucrării constă în creşterea rezistenței suprafeței prelucrare la oboseală (cu 15...20%), la coroziune (cu 25%), durificarea acesteia ş.a.

Metoda se foloseşte la prelucrarea metalelor şi aliajelor greu prelucrabile, productivitatea muncii crescând de 2...3 ori.

Netezirea electromecanică constă în aceea că asperitățile de pe suprafața piesei, puternic încălzite, se deformează şi se netezesc sub presiunea sculei. Se obține o durificare a suprafeței cu 20...30% mai mare față de cea inițială, iar diametrul piesei se reduce cu 0,02...0,03 mm. Se foloseşte pentru ascuțirea cuțitelor, prelucrarea bilelor pentru rulmenți, eboşarea lingourilor.

D. Prelucrarea prin ultrasunete. Prin posibilitatea pe care o creează ultrasunetele de a debita, perfora şi rectifica piese foarte dure, uneori aproape imposibil de prelucrat prin metode clasice, se pot întrebuința pe scară largă materiale noi; metale dure, Ti, Co, pietre prețioase.

În cazul prelucrării găurilor se folosesc maşini cu ultrasunete de la 60 W la 2000 W, care prezintă avantajele: se pot executa găuri de orice profil, precizie mare, suprafețele găurilor sunt lustruite, se pot prelucra materiale dure şi fragile, este posibilă reglarea precisă a adâncimii găurii. Nu apar tensiuni remanente în piesa de prelucrat.

Abrazivele folosite sunt: carbura de bor, carbura de siliciu neagră şi alumina.

În cazul rectificării şi şlefuirii cu ultrasunete se obține o îmbunătățire substanțială a calității suprafețelor. Şlefuirea se aplică cu randament maxim la prelucrarea materialelor casante, bune sau rele conducătoare de electricitate.

Prelucrarea cu fascicol de electroni. Îndepărtarea materialului de pe suprafața piesei care se prelucrează se datorează ciocnirii acesteia cu un fascicol de electroni accelerați în vid. Energia de mişcare a electronilor se transformă, în mare parte, în energie termică, care contribuie la topirea şi vaporizarea materialului de prelucrat. Dacă se ajunge numai în faza de topire a metalului, fenomenul se poate folosi la sudarea pieselor cu dimensiuni mici, iar în cazul în care se ajunge la faza de vaporizare are loc îndepărtarea de material.

Pentru accelerarea electronilor se folosesc tunuri electronice de diverse tipuri.
Adâncimea de pătrundere se calculează cu relația:

$$h = 2{,}2 \cdot 10^{-2} \frac{U^2}{\rho} \ [\text{mm}] \qquad (6.3)$$

în care:
U este tensiunea de accelerare a electronilor, în kV;
ρ – densitatea materialului care se prelucrează, în g/cm^3.

Dacă fascicolul de electroni acționează timp îndelungat asupra piesei are loc încălzirea acesteia. Pentru a evita fenomenul, se folosesc impulsuri cu o durată de 0,1...100 μsec şi frecvența între 50...10000 Hz.

Fascicolul de electroni este dirijat pe suprafața piesei cu ajutorul unor sisteme de deviere magnetice, plasate între piesă şi lentila de concentrare a electronilor.

Prelucrarea metalelor nu depinde de proprietățile lor mecanice ci de conductibilitate termică şi căldura de topire.

Cu ajutorul fascicolului de electroni se pot prelucra găuri în rubin, pentru industria de ceasornicărie, găuri în cristalele de cuarț, în piese de molibden şi ferite, filiere etc.

Printre avantajele acestei metode sunt:

- posibilitatea prelucrării oricărui material metalic sau mineral;
- posibilitatea executării unor microprelucrări, care nu sunt posibile prin procedeele clasice;
- nu apar forțe de aşchiere, putându-se astfel prelucra piese de grosimi foarte mici;
- prelucrarea realizându-se în vid, există posibilitatea protejării de impurități a locului de prelucrat.

Toate tehnologiile neconvenționale se aplică atunci când tehnologiile clasice nu permit obținerea unor productivităşi sau condiții calitative acceptabile.

Pe baza noțiunilor tehnice prezentate în capitolul „Modernizarea proceselor tehnologice” şi pentru a verifica temeinicia cunoştiințelor studiate vă rog să răspundeți la următoarele întrebări:

1. Clasificați maşinile unelte după natura operațiilor tehnologice?.
2. Clasificați maşinile unelte după gradul de automatizare.
3. Cum pot fi comandate maşinile unelte?
4. Definiți o maşină unealtă cu comandă numerică.
5. Care este schema bloc a unei MUCN?
6. Ce comenzi transmit traductoarele la MUCN?
7. Definiți un centru de prelucrare.
8. Definiți o linie tehnologică automată.
9. Definiți o celulă de fabricație.
10. Ce variante de compunere a celulelor de fabricție sunt posibile?
11. Care sunt etapele prelucrării unei piese pe o MUCN?
12. Care sunt etapele programării unei MUCN?
13. Ce rol are echipamentul de comandă a unei MUCN?
14. Ce avantaje aduce utilizarea MUCN?
15. Ce dezavantaje implică utilizarea MUCN?
16. În ce constă tehnologia SMT?
17. În ce constă tehnologia THT?
18. Ce este o componentă SMD?
19. Clasificați modulele SMT.
20. Ce maşini compun o linie de producție SMT?
21. Care sunt elementele de bază ale tehnologiei SMT?
22. Unde se utilizează modulele SMT?
23. Ce este un “cablaj brut”?
24. Ce înțelegeți prin procesul tehnologic de lipire?
25. Clasificați tipurile de lipituri.
26. Ce fenomen asigură calitatea unei lipiri?
27. Care sunt etapele procesului tehnologic de lipire cu val?
28. Ce aliaje de lipit cunoaşteți?
29. Ce procese fizice au loc în timpul lipirii?
30. Ce rol au fluxurile de lipire?
31. Ce adausuri îmbunătățesc calitatea lipirii?
32. Ce adausuri înrăutățesc calitatea lipirii?
33. Ce rol are decaparea?
34. Ce rol are lacul de acoperire a modulelor SMT?
35. Ce componente SMD cunoaşteți?
36. Ce tipuri de rezistențe se folosesc în tehnologia SMD?
37. Care sunt caracteristicile tehnice ale rezistoarelor în straturi subțiri?
38. Care sunt caracteristicile tehnice ale rezistoarelor în straturi groase?

39. Care sunt caracteristicile tehnice ale rezistoarelor MELF?
40. Care sunt caracteristicile tehnice ale rețelelor rezistive SOIC?
41. Ce tipuri de condensatoare se folosesc în tehnologia SMD?
42. Ce tipuri de condensatoare ceramice cunoaşteți?
43. Care sunt caracteristicile tehnice ale condensatoarelor MLC?
44. Ce înțelegeți prin procesul reflow?
45. Ce tip de tranzistoare se utilizează în tehnologia SMT?
46. Care sunt etapele procesului tehnologic de fabricare a tranzistoarelor?
47. Clasificați circuitele integrate după modul de funcționare.
48. Clasificați circuitele integrate după gradul de integrare.
49. Ce tehnologii de fabricare a circuitelor MOS cunoaşteți?
50. Clasificați tehnologiile electrice neconvenționale.
51. Definiți o electrotehnologie.
52. Ce tehnologii electrochimice cunoaşteți?
53. Ce tehnologii electrotermice cunoaşteți?
54. Ce tehnologii electromecanice cunoaşteți?
55. În ce constă o prelucrare cu ultrasunete?
56. Ce avanatje prezintă tehnologiile de prelucrare cu ultrasunete?
57. Unde se folosesc tehnologiile de prelucrare cu ultrasunete?
58. În ce constă o prelucrare cu fascicol de electroni?
59. Ce avantaje prezintă tehnologiile de prelucrare cu fascicol de electroni?
60. Unde se folosesc tehnologiile de prelucrare cu fascicol de electroni?

Bibliografie

1. Popescu L., “Materiale Electrotehnice”. Ed. Alma Mater, Sibiu 2007.

2. Popescu L., “Materiale Electrotehnice. Îndrumător de laborator”. Ed. Alma Mater, Sibiu 2008.

3. Popescu L., ”Echipamentelor electrice”,vol.I, II, Ed. Alma Mater, 2007.

4. Popescu L., ”Echipamente electrice, Îndrumător de laborator”,vol.I,II, Ed. Alma Mater, 2007.

5. Popescu L., ”Instalații şi echipamente electrice”, Ed. Alma Mater, 2004

6. Anghel F., Popescu M., ”Tehnologii electromecanice”, Ed. Printech, 1998

7. Anghel F. „Tehnologia electrotehnică”. EPB, Buc, 1985.

8. Andea P.,“Tehnologia fabricării aparatelor electrice“, curs, LITO IPTVT, 1992.

9. Gherman Z., “Circuite integrate analogice”, Tg. Mures, Universitatea “Petru Maior”, 1999.

10. Drăgulinescu M., Manea A., ”Materiale pentru electronică”, vol.I,II, Ed. MatrixRom, 2006.

11. Panaite V., Popescu M.O.,”Calitatea produselor şi fiabilitate”, Ed. MatrixRom, 2007.

12. Truşcă V., Popescu M.,”Tehnologia de fabricație a aparatelor electrice”, Ed. ICPE, Bucureşti, 1996.